

ПРОБЛЕМЫ
ГЕОЛОГИИ
И ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ

на XXIV сессии
Международного
Геологического
Конгресса

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
NATIONAL COMMITTEE OF USSR GEOLOGISTS

PROBLEMS OF GEOLOGY
AND MINERAL DEPOSITS
AT THE XXIV SESSION
OF THE INTERNATIONAL
GEOLOGICAL CONGRESS

PUBLISHING OFFICE «NAUKA»

Moscow 1974

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ГЕОЛОГОВ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ
И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
НА XXIV СЕССИИ
МЕЖДУНАРОДНОГО
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
КОНГРЕССА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1974



926

Коллективная монография участников XXIV сессии Международного геологического конгресса содержит научный анализ важнейших проблем геологии, обсуждавшихся в Канаде. В книге, по новейшим данным Международного геологического конгресса, рассмотрены генеральные проблемы геохимии, минералогии, петрологии, литологии, палеонтологии, стратиграфии, тектоники, гидрогеологии, инженерной геологии, геофизики и полезных ископаемых. Она содержит обильную информацию по всем этим разветвлениям, основанную на последних данных, полученных учеными всего мира. Особое внимание уделено анализу гипотезы новейшей глобальной тектоники и влиянию этой гипотезы на различные подразделения наук о Земле. Книга составлена ведущими учеными основных разделов геологических знаний и рассчитана на самые широкие круги геологов, геофизиков и геохимиков.

Редакционная коллегия:

В. И. СМИРНОВ (отв. редактор), Ш. Е. ЕСЕНОВ, Г. С. ДЗОЦЕНИДЗЕ,
А. Д. ЩЕГЛОВ

Editorial Board:

V. I. SMIRNOV (editor-in-chief), SH. E. ESENOV, G. S. DZOTSENIDZE,
A. D. SHCHEGLOV

В. И. Смирнов

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ XXIV СЕССИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА

Очередная XXIV сессия Международного геологического конгресса состоялась в Канаде в г. Монреале с 21 по 30 августа 1972 г.

Следует напомнить, что предшествующие сессии состоялись: 1) в Париже в 1878 г.; 2) Болонье, 1881 г.; 3) Берлине, 1885 г.; 4) Лондоне, 1888 г.; 5) Вашингтоне, 1891 г.; 6) Цюрихе, 1894 г.; 7) Петербурге, 1897 г.; 8) Париже, 1900 г.; 9) Вене, 1903 г.; 10) Мехико, 1906 г.; 11) Стокгольме, 1910 г.; 12) Торонто, 1913 г.; 13) Брюсселе, 1922 г.; 14) Мадриде, 1926 г.; 15) Претории, 1929 г.; 16) Вашингтоне, 1933 г.; 17) Москве, 1937 г.; 18) Лондоне, 1948 г.; 19) Алжире, 1952 г.; 20) Мехико, 1956 г.; 21) Копенгагене, 1960 г.; 22) Нью Дели, 1964 г.; 23) Праге, 1968 г.

Таким образом, в Советском Союзе (России,) Франции, Англии, Мексике и Канаде состоялись по две сессии Международного геологического конгресса. В некоторых странах мира, в том числе достаточно крупных, конгресс не собирался ни разу.

XXIV сессия была представительной и многолюдной. В ее работе приняло участие около 5000 человек из 85 стран. На первой сессии в Париже в 1878 г. было 310 делегатов из 28 стран. На седьмой сессии в Санкт-Петербурге в 1897 г. присутствовало около 1000 человек, на семнадцатую сессию в Москву в 1937 г. приехало 2300 участников из 49 стран, а на двадцать третью сессию в Праге в 1968 г. собралось более 4000 человек.

Подготовкой к работам XXIV сессии Международного геологического конгресса и ее деятельностью руководил организационный комитет во главе с его председателем Р. Фолинсби и генеральным секретарем Дж. Армстронгом.

Советская делегация на XXIV сессии Международного геологического конгресса состояла из 117 человек, представлявших геологов Академии наук СССР и академий наук союзных республик, Министерства геологии СССР и Министерств геологии союзных республик, Министерства высшего и среднего специального образования СССР, Министерства газовой промышленности СССР и других организаций. Делегацию было поручено возглавить В. Смирнову, его заместителями были В. Белоусов и А. Щеглов, генеральным секретарем — А. Геодекян.

На обсуждение Конгресса было выдвинуто 77 крупных научных проблем, рассматривавшихся на заседаниях 17 секций; одновременно проходили два симпозиума: «Геология и условия жизни», «Помощь наукам о Земле развивающимся странам». Широкий круг научных и научно-организационных проблем обсуждался также на Генеральной ассамблее, Совете и Бюро конгресса, на заседаниях Международного союза геологических наук и его многочисленных ассоциаций и комиссий, на собраниях Международной ассоциации по геохимии и космохимии, Международного палеонтологического союза, Геологической ассоциа-

ции Канады и других международных и американских геологических организаций.

Работе Конгресса чрезвычайно содействовали геологические экскурсии в наиболее интересные районы Канады, один тур которых предшествовал заседанию в Монреале, другой был осуществлен после этих заседаний. К конгрессу была приурочена обширная международная выставка новых геологических карт, новых книг, журналов и современных приборов. К началу XXIV сессии были выпущены на английском или французском языке 19 томов докладов, заявленных для секций и симпозиумов, а также сборник тезисов, в которых опубликовано 80 статей и 127 тезисов советских геологов. Следует напомнить, что в нашей стране к началу работы Конгресса было выпущено 12 специальных сборников, содержащих 195 докладов по проблемам XXIV сессии Международного геологического конгресса. Таким образом, Конгресс имел характер очень широкого международного научного мероприятия.

Основные научные проблемы

Если говорить о первом общем впечатлении о деятельности Конгресса, то можно уверенно засвидетельствовать, что генеральной научной идеей его была теперь уже хорошо известная концепция глобальной геологии, основанная на представлении о раздвижении материков, преобразованной для геологической истории в гипотезу тектоники плит. Эта идея не только горячо обсуждалась в кругах специалистов по региональной и планетарной тектонике, но властно захватила умы ряда специалистов по казалось бы отдаленным подразделениям геологических знаний. Она проникла на собрания стратиграфов, литологов, петрологов, геохимиков и даже знатоков геологии месторождений полезных ископаемых.

Но, как представляется, все же обсуждение этой модной концепции не определяет основную ценность Конгресса. Думается, что существенно большее значение для всех участников Конгресса имел тот широкий поток новейшей информации по всем разветвлениям наук о Земле, который мы имели возможность получить из первых рук исследователей всего мира, общение с этими исследователями, среди которых были как давно известные выдающиеся ученые, так и молодые таланты. Именно эти новейшие факты, добытые геологами всего мира и их научная интерпретация определяли основной вклад Конгресса в прогресс геологических знаний. В настоящей книге большинство из них найдет отражение в разделах, составленных участниками Конгресса. Здесь же будут кратко обозначены лишь основные темы, вокруг которых вращалась научная дискуссия на секциях Конгресса. Для этого использована научная информация, полученная от наших кураторов, закрепленных за каждой секцией Конгресса.

Секция тектоники была одной из самых многочисленных. На ней было заслушано 70 докладов, из которых 24 было посвящено эволюции геосинклиналей и тектонике континентальных блоков, 13 — внутреннему строению Земли, 12 — тектонике плит и континентальному дрейфу, 6 — тектонике больших сдвигов земной коры; остальные сообщения касались неотектоники и структурной геологии. В центре внимания участников тектонической секции были две основные проблемы: 1) тектоника плит (или так называемая новая глобальная тектоника), 2) строение континентальных блоков и эволюция земной коры. Зачинщиками дискуссии по первой проблеме были в основном геологи США (А. Форд, М. Кей, Г. Спелл и др., A. Ford, M. Kay, H. Spall) и Англии (А. Смит и др., A. Smith et al.). По второй проблеме выступали ученые Бразилии (Ф. Де Алмейда, F. de Almeida et al.), Чили (Р. Кортес, R. Kortés; Дж.

Виценте и др., J. Vicente et al.), США (Т. Пиле и др., T. Pile et al.) и других стран. Активное участие в обсуждении этих двух и других сторон тектоники приняли ученые нашей страны В. Белоусов, А. Пейве, В. Хаин, П. Кропоткин, Л. Красный, Г. Ажгирей, А. Цагарели и др. В качестве основных аргументов при защите идеи о тектонике плит по-прежнему привлекались два обстоятельства: представления о больших горизонтальных перемещениях блоков земной коры и явлений растяжения в земной коре, особенно в ее океанической части. При этом предпринимались попытки расширить концепцию новой глобальной тектоники, перенося ее из сферы морской геологии и геофизики в различные стороны геологической истории и геологического строения континентов. Так, тектоника плит обсуждалась в связи с особенностями офиолитовых поясов применительно к геологии территорий Советского Союза, стран Средиземноморья, Кордильер Северной и Южной Америки, Центральной Азии.

На секции стратиграфии и седиментологии было заслушано около 50 докладов, большинство из которых касалось палеогеографического развития отдельных регионов и толщ, а также чисто литологических проблем. Вопросам стратиграфии было посвящено лишь несколько докладов, поэтому большинство стратиграфов, в том числе и Советского Союза, в основном работали в параллельно проходящих заседаниях различных подкомиссий Международной стратиграфической комиссии под руководством ее президента В. Меннера. Основное внимание на секции было уделено проблемам стратиграфии и седиментологии флиша, а также общим проблемам седиментологии и практическому значению литогенеза и диагенеза известняков. Наиболее широко обсуждались вопросы стратиграфии и литологии флишевых отложений, начиная с палеогеографии флишевых бассейнов и кончая детальными петрографическими исследованиями флишевых ритмов (К. Ксю-К. Hsu — Швейцария; М. Сагри, M. Saggi — Италия и др.). Ряд интересных докладов был посвящен проблеме мобилизма, методике и результатам связанного с этим фациального анализа, главным образом на примере прибрежно-морских, рифовых и дельтовых отложений (Г. Ридинг, H. Reading — Англия; Ф. Вецел, F. Wezel — Италия и др.). В нескольких докладах обосновывалась палеогеографическая близость ряда регионов Гренландии, Шпицбергена, Норвегии и Шотландии.

Деятельность палеонтологической секции была чрезвычайно обширной, что в существенной степени объясняется тем, что она носила характер объединенных заседаний как подразделения Конгресса, так и Международного палеонтологического союза. Всего на секции было заслушано около 100 докладов, в том числе несколько докладов геологов Советского Союза (О. Вялов, В. Наливкин, Д. Кальо, В. Вахрамеев и др.). В докладах нашли отражение следующие основные проблемы: структура, химизм и функциональная морфология ископаемых беспозвоночных, палеоэкология, эволюционный процесс и стратиграфические разрывы, палеоботанические фашии и методы временной корреляции неморских отложений, докембрийская эволюция и происхождение жизни, палеонтология и движения континентальных блоков, математические методы в палеонтологических исследованиях. Особое внимание привлекли доклады, связанные с применением сканирующей электронной микроскопии для изучения морфологии и морфогенеза скелетных структур беспозвоночных. Эта методика, пока слабо развитая в нашей стране, по мнению Б. Соколова, ставит морфологическую палеонтологию на совершенно новый уровень и открывает широкие перспективы перед систематикой и филогенией (Г. Эрбин, H. Erbin; В. Хаас, W. Haas — ФРГ, Т. Веллер, T. Waller — США и др.). Достаточно интересны были доклады, связанные с представлениями о тектонике плит и межконтинентальной палеонтологической корреляцией по палеоботаническим данным

(В. Басов — СССР; Б. Ердтманн, В. Erdtmann — США; Б. Мемит, В. Mamit — Канада; Б. Боучек — Чехословакия; Дж. Регби, J. Regbi — Австралия и др.).

Докладам по секции геологии докембрия уделялось особое внимание, поскольку проблемы докембрия представляют особый интерес для Канады, территория которой в существенной степени сложена докембрийскими формациями. Эти проблемы были важны также для геологов нашей страны и ряда других стран, в геологическом строении площади которых значительную роль играют древнейшие допалеозойские комплексы пород, таких как США, Бразилия, Австралия, Индия, страны Африки. На секции было заслушано 43 доклада. Наиболее содержательные доклады относились к освещению особенностей образования и эволюции докембрийской земной коры (Е. Лазько — СССР, Г. Винн-Едвардс, Н. Вуппе-Эдвардс — Канада; П. Джанджопадиа, Р. Gangoradhya — Индия и др.). Большое внимание было уделено рассмотрению стратиграфии и стратиграфической корреляции в докембрии (М. Семихатов — СССР; К. Шибата, К. Shibata — Япония; Я. Вендт и др., I. Wendt et al. — ФРГ; Д. Мосе, D. Mose — США и др.). На тему о докембрийской обстановке зарождения жизни на Земле было также сделано несколько интересных докладов (Б. Соколов — СССР, М. Глесснер, М. Claessner — Австралия; Х. Хофманн, Н. Hofmann — Канада и др.). Помимо того, обсуждались общие проблемы геологии, геохимии и полезных ископаемых докембрия, по которым была представлена серия докладов, в том числе доклады Н. Семененко, К. Кратца, И. Усенко, Л. Салопы и других геологов Советского Союза.

Обсуждение петрологических проблем на заседаниях соответствующей секции происходило по группам пород. Для этого было подготовлено 42 доклада. Секция начала рассмотрение с метаморфических образований и проблем метаморфизма. Большое внимание при этом было уделено характеристике метаморфических фаций, геологических и физико-химических условий их возникновения и преобразования (Т. Хинрихсен и др., T. Hinrichsen et al. — ФРГ; В. Файф, W. Fyfe — Англия, Р. Даллмейер, R. Dallmeyer — США, М. Сук — Чехословакия и др.). По группе гранитов было сделано несколько частных докладов, касающихся массивов Восточной Индии, Перу, Канады; два общих доклада были посвящены зональности гранитных батолитов (Дж. Мурски, G. Murgsky — США) и региональным геохимическим вариациям в каледонских и вариссийских гранитах Западной Европы (А. Холл, A. Hall — Англия). По разделу магматических формаций основного состава также преобладали доклады частного характера, среди которых можно указать на сообщения Е. Джексона, США (E. Jackson), о разновидностях габбро-перидотитовых комплексов, Н. Соболева о ксенолитах в кимберлитах, В. Мошкина и др. о докембрийских анортозитах на территории СССР. Среди докладов, посвященных вулканогенным породам возможно отметить доклад Дж. Аллена с соавторами, США (Allen et al.), о роли воды в мантии Земли для магматического пороодообразования.

В программу минералогической секции было включено 80 докладов, большая часть которых была заслушана и обсуждена на секции. Из научных вопросов, обсуждавшихся на секции, прежде всего следует отметить проблемы петрологии и минералогии щелочных изверженных пород (В. Герасимовский и др., О. Воробьева и др., Е. Семенов и др., К. Никишов и др. — СССР, М. Суд и др., M. Sood et al. — США, К. Кюри, K. Currie — Канада и др.). Методические сообщения, заслушанные на секции, отражают успехи в оптическом изучении плагиоклазов, а также в месбауэровской спектроскопии сульфидов и их делатометрии. Большой объем новейшей информации содержался в докладах об отдельных минералах, характеристика которых становится все более углубленной. В частности, значительное внимание было уделено изоморф-

ным рядам (анализим — полуцит, лабунцовит — ненадкевичит и др.). Определилось усиление интереса к термохимии рудных минералов. Растущее внимание к глубинам Земли нашло отражение в докладах, характеризующих эксперименты при высоких температурах и давлениях; в некоторых из них была предпринята попытка осветить фазовые превращения в мантии. Большое любопытство вызвали доклады по минералогии и петрологии Луны и метеоритов, представленные американскими и канадскими авторами. Помимо данных, в той или иной степени освоенных ранее, были сообщены предварительные результаты изучения лунных образцов, доставленных космонавтами с Аполлона 16.

Для геохимической секции было подготовлено 76 докладов. По мнению советских геохимиков, они достаточно широко охватывали многие важные проблемы этой науки, среди которых выделялись следующие: процессы окисления и восстановления в геохимии, распределение геохимических элементов, геохимия летучих компонентов в магме в связи с проблемой рудообразования, геохимия редких элементов, геохимия серы, геохимия океана и озер, геохимические поиски полезных ископаемых в мерзлых грунтах. Наибольший интерес вызвали доклады Г. Эгстера, США (H. Eugster), посвященный геохимии кислорода в мантии, О. Икстрэнда, Канада (O. Eckstrand) об образовании железо-никелевых минералов в серпентинитах, Р. Критца, Канада (R. Kretz), рассмотревшего теорию обменных реакций в кристаллических породах, доклады Г. Мурского, США (C. Mursky), Х. Сека и др., ФРГ (H. Seck et al.), посвященные распределению микроэлементов в интрузивах, Д. Джайлса и др., США (D. Ciles), по геохимии рения, Д. Гетфрида и др., США (D. Cottfried), по геохимии иридия и золота в океанических и континентальных базальтах, а также доклады Ж. Фортекса, Р. Деляво, Канада (J. Fortescue, R. Delavaudet) о геохимических поисках в мерзлых грунтах. Из серии выступлений советских геохимиков наибольшее внимание привлекли доклады Ф. Чухрова по геохимии изотопов серы, В. Щербины об окислительно-восстановительных условиях в магмах, М. Валяшко по геохимии континентальных вод, И. Рябчикова об элементах — примесях в природных системах и другие сообщения.

На секции о минеральных месторождениях было заслушано и обсуждено 62 доклада. Секция уделила много времени рассмотрению материалов по региональным условиям формирования и размещения эндогенных рудных месторождений в основном в пределах Европы и Америки (П. Лажничка и Х. Вилсон, Р. Лазнича, Н. Уилсон — Канада, А. Маухер, А. Маучер — ФРГ, Дж. Сиерра и др., J. Sierray — Испания, М. Соломон, М. Solomon — Австралия, М. Ванечек — Чехословакия, Е. Радкевич — СССР и др.). Дань модной концепции плитовой тектоники была отдана в докладе П. Гилда, США (P. Guild). Большой интерес представлял новый фактический материал по геологии ряда важных групп рудных месторождений. Особенно ценная информация была получена по группам магматических медно-никелевых и хромитовых образований (А. Нелдрит и др., A. Naldrett — Канада, Г. Гаал, G. Gaal — Финляндия и др.). Интересны были сообщения о меднопорфировых месторождениях Северной и Южной Америки (Дж. Хайлендс, J. Hylends — Канада, С. Титлей, S. Titley — США, Дж. Салас, G. Sales — Мексика и др.). Хороший материал содержался в сообщениях о древних и молодых колчеданных месторождениях (А. Джонсон, A. Johnson — Канада; И. Огура, Y. Ogura — Япония; М. Петкович — Югославия, Г. Твалчредидзе и В. Буадзе — СССР и др.) по стратиформным месторождениям меди, цинка и свинца (Е. Константинович, И. Смолярская — Польша, Н. Скрипченко — СССР и др.).

Особо были рассмотрены условия возникновения гидротермальной сербро-висмут-кобальт-никель-мышьяково-урановой ассоциации (Е. Штумпел и др., E. Stumpel — ФРГ и др.). Было отведено время для ознаком-

ления с новыми данными по метаморфогенным и скарновым месторождениям (А. Миккола, A. Mikkola — Финляндия; Дж. Фортуне, J. Fortune — Франция; М. Желязкова — Панайотова и др. — Болгария, В. Жариков и др. — СССР). Рассматривались связи между вулканизмом и рудообразованием (Г. Дзоценидзе — СССР и др.).

На секции о горючих ископаемых рассматривались проблемы геологии месторождений нефти и газа. Было заслушано и обсуждено 25 докладов, распределенных по трем основным проблемам: 1) геохимия нефти, 2) условия залегания нефти, 3) закономерности распространения нефтяных месторождений и запасов нефти и природного газа на земном шаре. Среди этих докладов выделяются доклады Дж. Мууди, США (J. Moody) о гигантских нефтяных месторождениях, А. Кролла, Австрия (A. Kroll) об образовании залежей нефти и газа в Венском бассейне, К. Канибиара, Канада (C. Conybeare) о нефтяных залежах в древних речных песчаных отложениях, Е. Рейнутера, США (E. Rainwater), о месторождениях нефти в дельтовых отложениях. Серия докладов советских ученых была заслушана с большим вниманием и интересом (С. Максимов, Е. Еременко, Н. Вассоевич, А. Геодекян и др.). Особенно оживленное обсуждение развернулось по докладу Г. Ованесова и других по поводу рифов Камско-Нинельской системы и их роли в процессе накопления нефти.

На секции по морской геологии было заслушано 33 доклада. Основные проблемы, затронутые в докладах, касались тектоники подводных окраин континентов морей и океанов с использованием материалов геофизических исследований (сейсмопрофилирование, магнитометрия), процессов осадкообразования в океанах, биостратиграфии и палеогеографии океанов, изучения полезных ископаемых дна океанов и прибрежных зон (марганцевых конкреций и минеральных россыпей), а также лимнологических исследований в озерах Мичиган и Онтарио. Одно из заседаний секции было посвящено геологии дна Индийского океана (по результатам работ Международной океанографической комиссии 1960—1964 гг.). В докладах Б. Хейзена, США (B. Heezen) и А. Лаутона и других, Англия (A. Laughton), в соответствии с гипотезой плитовой тектоники, развивалось представление о молодости Индийского океана, образовавшегося вследствие распада Гондваны в меловой и палеогеновый периоды. В докладе Ю. Пущаровского, СССР, наоборот, были приведены аргументы в пользу древнего заложения Тихоокеанского тектонического пояса и, следовательно древности самого Тихого океана. Членам секции были показаны два кинофильма, освещающих океанографические и лимнологические исследования в Канаде, которые дали возможность получить представление о развитии морских геологических исследований вдоль Тихоокеанского и Атлантического побережья Канады, а также на шельфе Северного Ледовитого океана.

Для рассмотрения на геофизической секции было подготовлено 47 докладов. В них, кроме общих вопросов геофизики, освещались следующие главные разделы геофизических исследований: строение Земли по данным наблюдений с искусственных спутников, геологическое картирование геофизическими методами, разведочная геофизика в области нефтяных и рудных месторождений. Наибольший интерес вызвали доклады, посвященные исследованию Земли с искусственных спутников, особенно для изучения магнитного поля планеты, геоморфологии мелкомасштабного геологического картирования (Л. Мурлей и др., L. Mogley et al. — Канада, Ф. Воббер и др., F. Wobber et al. — США, Е. Шазли, E. Shasly — Египет и др.). Демонстрировались результаты обработки наблюдений с Апполона 9 для изучения элементов тектоники нашей планеты (Дж. Драховцал и др., J. Drahovzal et al. — США). Доклады, посвященные использованию аэрофизических методов, свидетельствуют о более широком, чем у нас, значении их в ряде стран, особенно в США и

Канаде. В частности, в этих странах внедрены аэроэлектроразведка и аэрогравиразведка.

На гидрогеологической секции было рассмотрено 43 доклада. Они включали обзор проблем, связанных с водоснабжением, соотношением подземных и поверхностных вод, нагрузки и разгрузки, палеогидрогеологии и гидрохимии, динамики подземных вод, в том числе в трещиноватых породах. Можно отметить сообщения Дж. Тоса, Канада (J. Toth) о региональных перемещениях подземных вод, М. Гейха, ФРГ (M. Geyh) об изотопах углерода и водорода в подземных водах, И. Емселлема, Франция (Y. Emsellem), о математических расчетах гидрогеологических систем и др. Гидрогеологи нашей страны выдвинули для рассмотрения на секции два доклада — Б. Куделина и О. Попова — о влиянии климатических факторов на подземный сток и Г. Богомолова и других о палеогидрогеологических реконструкциях.

На секции инженерной геологии было обсуждено 32 доклада. Они охватывали вопросы урбанизации и окружающей среды, геологических факторов устойчивости склонов, методы инженерно-геологических исследований, а также общие проблемы науки. Основное внимание было уделено возрастающему воздействию человека на поверхность Земли в процессе инженерной и хозяйственной деятельности и на связанную с этим активизацию инженерно-геологических процессов (оползни, обвалы, просадки, карст, засоление и пр.). Подчеркивалась роль инженерно-геологического картирования, особенно при строительстве новых городов, широкое использование аэрофото- и фотометодов при создании инженерно-геологических карт. Большое внимание было уделено геофизическим методам исследования, особенно сейсмической разведке, при изучении прочностных свойств в основании плотин и других сооружений. Могут быть отмечены доклады Дж. Рокевея, США (J. Rockaway) о эволюции геологических факторов в связи с урбанизацией, Д. Бренегана, Австралия (D. Branagan), об инженерно-геологических исследованиях при градостроительстве, С. Жиста, Бельгия (S. Ghiste) об инженерно-геологическом картировании, А. Немчока, Чехословакия о гравитационных деформациях на высоких склонах, Д. Стефановича и др., Югославия, о роли геофизических изысканий при возведении плотин. С интересом были заслушаны доклады Е. Сергеева с соавторами об изучении глинистых грунтов и Н. Варзашвили о прогнозе изменения берегов в связи со строительством водохранилищ.

Из 30 докладов, выдвинутых для рассмотрения на секции по четвертичной геологии, главные сообщения были посвящены стратиграфии и литологии четвертичных пород. Кроме того, рассматривался четвертичный палеоклимат и деформации четвертичных осадков. Хотя все эти стороны четвертичной геологии были охарактеризованы, в основном, на частных примерах, среди них были и представляющие общий интерес. К ним принадлежат доклад П. Эванса, Англия (P. Evans) о принципах возрастного расчленения пород четвертичного возраста, М. Гейха и др., ФРГ (M. Geyh et al.) об использовании для этих целей вариаций изотопов углерода, И. Окамото, Япония (Y. Okamoto) об особенностях состава и возраста льдистых грунтов и др. Доклады советских специалистов — С. Стрелкова, Н. Кинд, В. Евзерова, Н. Чеботарева и других вписывались в основные проблемы, рассмотренные секцией.

На секции планетологии было заслушано около 50 докладов, посвященных общим вопросам строения и происхождения планет и метеоритов, новым результатам исследования Венеры и Меркурия по радарным данным, Марса по фотографическим и радарным материалам, Луны в связи с обработкой физических параметров и образцов пород. В докладах были представлены новые результаты химического и минералогического изучения образцов Аполлона 15 и Аполлона 16, приведены систематические данные по минералогии лунных пород, отдельных минералов

и стекол, а также по закономерностям распределения изотопов кислорода и водорода в лунных образцах. Особо обсуждались условия образования риголита. Отдельное заседание было посвящено анализу ударных процессов и их признаков на Земле с целью выяснения их роли в формировании поверхности планет. Интерпретация данных по строению и составу планет в большинстве докладов осуществлялась по идее формирования их из газо-пылевого облака, последующего вулканизма и интенсивной механической переработки поверхности за счет метеоритных ударов — воздействия солнечного ветра. На заседании секции было много интересных докладов, таких, например, как доклад А. Камерона, США (A. Cameron) о ранней стадии развития планет, А. Доллфуса, Франция (A. Dollfus) о Меркурии, Дж. Кюйнера, США (J. Cujner) об атмосфере Венеры, С. Винцера, Канада (S. Winzer) о метеоритных структурах (астроблемах) на территории Северной Америки и др.

Кроме этих секций, на Конгрессе были проведены заседания секции по применению компьютеров при геологических исследованиях и секции по геологическому образованию.

Научно-организационная деятельность

Научным дискуссиям на XXIV сессии Международного Геологического Конгресса сопутствовала кипучая научно-организационная деятельность. Она была особенно активна в рамках Международного союза геологических наук, хотя и призванного руководить международной геологической деятельностью в периоды между сессиями Конгресса, но пользующегося каждым большим собранием геологов, чтобы осуществить встречи членов его многочисленных объединений. Международный союз геологических наук объединяет 46 международных ассоциаций, комитетов, комиссий и рабочих групп, охватывающих важнейшие направления геологической науки. Эти организации, наряду с национальными геологическими комитетами, принимали деятельное участие в подготовке и организации Конгресса. Кроме того, ими, в период работы XXIV сессии Конгресса, было проведено 16 независимых симпозиумов по таким проблемам, как механизм тектоники плит, результаты глубоководного бурения в океанах и морях, новые теории происхождения небесных тел, математика в геологии, экспериментальная петрология, исследование включений в минералах, геология марганца, двуокись углерода атмосферы, история минералогии и др. Во время таких научных встреч было переизбрано руководство большинства подразделений Международного союза геологических наук. Геологи Советского Союза достаточно зарекомендовали себя, чтобы быть избранными в руководство многих международных комитетов, ассоциаций, комиссий и рабочих групп. Был переизбран Исполнительный Комитет Союза, который теперь возглавляет его новый Президент П. Абельсон (США), генеральный секретарь Ван-дер-Хайде (Голландия) и семь вице-президентов: В. Смирнов (СССР), Р. Лаффит (Франция), Г. Грасселли (Венгрия), Ж. Кудьо (Гана), Ж. Катили (Индонезия), Дж. Салас (Мексика), Е. Алтинали (Турция).

На пленарных заседаниях Международного союза геологических наук особое внимание было уделено обсуждению условий выполнения Международной программы геологической корреляции, которая будет осуществляться совместно с ЮНЕСКО и призвана посредством международного сотрудничества проанализировать материал важнейших геологических аспектов для всего земного шара.

В период работы Конгресса состоялось вручение премии им. Спендиарова, установленной еще в 1897 г. и выдаваемой на Международных геологических конгрессах делегацией нашей страны выдающимся геологам той страны, где происходит очередная сессия конгресса. Для вы-

явления кандидата на премию на XXIV сессии конгресса была создана конкурсная комиссия под председательством директора геологической службы Канады И. Фортье. Комиссия рассмотрела 50 кандидатов и тайным голосованием выдвинула профессора Х. Винн-Эдвардса, заведующего отделом геологии Университета Британской Колумбии в г. Ванкувере. Профессор Х. Винн-Эдвардс широко известен своими трудами, посвященными петрофизическим и структурным исследованиям гранитов, их происхождению и закономерностям размещения.

Выше уже упоминалось, что Конгрессу предшествовали и его сопровождали геологические экскурсии по Канаде. Всего было подготовлено 66 маршрутов в наиболее интересные для геологов части страны. В 24 экскурсиях участвовало 98 геологов Советского Союза. Была представлена возможность в натуре, под руководством весьма квалифицированных местных знатоков, познакомиться с геологией докембрийских и фанерозойских формаций, достаточно хорошо откартированных на территории Канады, с геологическими структурами Канадского щита, Аппалачей и Кордильер, с выдающимися месторождениями углей, нефти и природного газа, с исключительными месторождениями железа, никеля и меди, свинца и цинка, молибдена и урана, с гидрогеологией и инженерной геологией южных и северных, горных и долинных частей Канады. Участники экскурсий познакомились с жизнью и деятельностью трудящегося народа Канады, ее заснеженными горными кряжами, обширными тундрами, тучными полями и кленовыми рощами на берегах водопадистых рек и прозрачных озер.

На XXIV сессии единогласно было принято решение провести следующую сессию конгресса в 1976 г. в Австралии с геологическими экскурсиями, охватывающими также территории Новой Зеландии и Новой Гвинеи. Конгресс благожелательно отнесся к просьбе делегации геологов Франции о проведении последующей сессии 1980 г. в Париже, чтобы отметить столетие первого Международного геологического конгресса, который состоялся в этом городе в 1878 г.

Геологи Советского Союза, принимавшие участие в конгрессе, щедро делились всем тем, чего достигли в своих трудах и теми трудностями, которые стоят на нашем нелегком пути расшифровки строения недр.

Вместе с тем, активно участвуя в научных заседаниях, в дискуссиях, знакомясь с новейшими результатами исследований геологов Канады и других стран, участвуя в важнейших экскурсиях, геологи Советского Союза получили весьма ценную информацию, особенно по проблемам геологии докембрия, новых теоретических концепций, геологии горючих и рудных месторождений, чрезвычайно важную для решения многих сложных научных и практических геологических задач в нашей стране.

В целом XXIV сессия Международного геологического конгресса в Канаде сыграла крупную роль в объединении усилий геологов всего мира по дальнейшему прогрессу геологических знаний. Она войдет в историю развития геологии как важная веха на пути совершенствования наук о Земле, призванных обеспечивать расцвет материальной и духовной культуры человечества.

О данной книге

Еще перед поездкой в Канаду, затем во время Конгресса в Монреале, была осуществлена договоренность о том, чтобы наши участники накапливали материал для последующей информации геологов Советского Союза в форме публичных докладов, статей в научных журналах и подготовленных для настоящей книги глав, касающихся основных проблем, обсуждавшихся на Конгрессе. Многие из числа советских участников XXIV сессии Международного геологического конгресса выступили с

докладами и статьями, содержащими анализ тех или иных сторон геологических наук, затронутых на конгрессе.

В данной книге подобраны материалы геологов, участвовавших в подготовке XXIV сессии Международного геологического конгресса, в его заседаниях и экскурсиях. Мы не ставили задачу унифицировать эти материалы участников конгресса по единому плану. Наоборот, авторам была предоставлена возможность поделиться своими впечатлениями о канадском Конгрессе в любой научно-литературной форме — от освещения отдельных проблем до сводного обзора материалов по тому или иному разделу наук о Земле. В размещении материала в книге также отсутствует жесткая рубрикация, хотя на первое место выдвинуты проблемы прикладной геологии, вслед за ними публикуются разделы стратиграфо-тектонического характера, а в заключение — главы, освещающие вопросы изучения вещества при геологических исследованиях.

К сожалению, не все подразделения наук о Земле, попавшие в сферу деятельности XXIV сессии Международного геологического конгресса, оказались на страницах этой книги. Поэтому для полноты восприятия общей картины канадского конгресса в конце книги приведен перечень трудов советских геологов, подготовленных специально для этого конгресса, и список трудов, изданных перед встречей геологов в Монреале.

Составители и авторы настоящей книги надеются, что многие факты и идеи XXIV сессии Международного геологического конгресса, нашедшие отражение в материалах Конгресса и в этой книге, окажутся полезными для деятельности советских геологов.

Советские геологи пользуются случаем, чтобы выразить благодарность своим канадским коллегам за прекрасную демонстрацию геологии и полезных ископаемых, за гостеприимство в их стране.

Г. А. Мирлин

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ КАНАДЫ

Участникам XXIV сессии Международного геологического конгресса представилась возможность ознакомиться с материалами, характеризующими геологическое строение территории Канады и месторождения полезных ископаемых, заключенных в ее недрах. На основании докладов канадских геологов, представленных конгрессу, официальных материалов геологического и горного департаментов Канады, отчетов и проспектов горнодобывающих фирм, а также непосредственного ознакомления со многими месторождениями и рудниками Канады во время геологических экскурсий можно судить о Канаде как о стране, богатой разнообразными полезными ископаемыми, умело использующей свои крупные минеральные ресурсы и обладающей высокоразвитой горной промышленностью.

Ознакомление с геологией, полезными ископаемыми и горными предприятиями Канады представляет особый интерес для советских геологов, поскольку геологическое строение и географо-климатические условия этой большой страны, занимающей почти всю северную половину Североамериканского континента, во многом сходны с геологическим строением и географическими условиями территории СССР.

Канада является одним из самых крупных по занимаемой территории государств капиталистического мира: ее площадь составляет около 10 млн. км². Эта огромная территория характеризуется разнообразными природными ландшафтами, нередко очень контрастными. Однако преобладающая часть страны расположена в суровых субарктических и арктических широтах. Зона распространения вечной мерзлоты занимает около половины всей территории Канады. Только самые южные районы страны, расположенные вдоль границы с США, находятся примерно на широте Украины и Северного Кавказа. Именно в этих районах живет почти 90% всего населения Канады, составившего на начало 1972 г. около 22 млн. человек.

Крупные запасы и высокая концентрация многих полезных ископаемых — рудных, горючих, неметаллических — и громадное их разнообразие обусловлены не только большими размерами территории Канады, но также особенностями ее геологического строения.

В структурно-геологическом отношении территория Канады состоит из трех главнейших элементов: а) древнего Канадского щита с прилегающими к нему участками Североамериканской платформы, б) палеозойской складчатой области Северных Аппалач, расположенной в самой восточной части страны на побережье Атлантического океана и в) молодых складчато-глыбовых горных сооружений Кордильер, протягивающихся вдоль Тихоокеанского побережья. В последние годы канадскими геологами дополнительно выделяется каледонская Иннуитская складчатая система, занимающая северные острова Канадского Арктического архипелага.

Древний Канадский щит, расположенный в центральной части страны (провинции Квебек, Онтарио, северо-восточная часть провинции Манитоба, северная часть провинции Саскачеван и восточная половина Северо-Западных территорий), сложен архейскими и протерозойскими сильно метаморфизованными осадочными и изверженными породами, выходящими непосредственно на дневную поверхность или перекрытыми чехлом палеозойских отложений (ордовик — девон). Наибольшую мощность палеозойский осадочный чехол достигает в центральной части щита, где выделяется крупная плоская синеклиза Гудзонова залива. Этот район является самой пониженной частью территории Канады — прибрежные низменности Гудзонова залива имеют абсолютную высоту лишь около 100 м. Однако к западу, югу и востоку от этой низменной части расположена обширная Лаврентийская возвышенность с абсолютными отметками около 300—500 м. Сформированная непосредственно на древних метаморфических и гранитоидных породах кристаллического щита (палеозойские отложения здесь встречаются редко), обработанных ледниками, Лаврентийская возвышенность имеет пологохолмистую поверхность с характерными для ледникового рельефа сглаженными скалистыми обнажениями и каменными россыпями. Вся область Лаврентийской возвышенности покрыта бесчисленным количеством озер, преимущественно ледниково-эрозионного, частично тектонического происхождения.

В своей юго-восточной части Канадский кристаллический щит граничит с палеозойским складчатым поясом Северных Аппалач (провинции Квебек и Ньюфаундленд). Юго-западная окраина щита является сильно опущенной и перекрыта мощным платформенным чехлом пологозалегающих отложений — палеозойских, преимущественно карбонатных, перекрытых, в свою очередь, меловыми и третичными отложениями (провинции Манитоба, Саскачеван, Альберта). Платформенный характер этой области подчеркивается равнинным рельефом и степным обликом поверхности, постепенно поднимающейся в западном направлении. Юго-западная и западная части платформы примыкают к позднемезозойскому складчатому поясу Кордильер.

Собственно Канадский щит докембрийских пород, по представлениям канадских геологов, расколот на ряд крупных глыб, разделенных глубинными разломами, обычно вертикальными, но иногда имеющими характер региональных надвигов (например, «Гренвильский фронт» в провинции Квебек и в юго-восточной части провинции Онтарио). Центральное положение «ядра» в составе Канадского щита занимает область оз. Верхнего, расположенная к северу от указанного озера и к юго-востоку от Гудзонова залива (включая ураноносный район Эллиот-Лейк и медно-никелевый рудный район Содбери). Эта часть щита, имеющая характер крупной глыбы, сложена наиболее древними породами, возраст которых определяется как верхнеархейский (2600—2400 млн. лет), представленными метаморфизованными осадочно-вулканогенными образованиями, в том числе эффузивами базальтового и андезитового состава, граувакками, кварцитами, джеспилитами, конгломератами, интенсивно гранитизированными, прорванными большим количеством гранитных интрузий (лаврентийскими гранитами). Другие крупные глыбы архейских и нижнепротерозойских пород выделяются в северо-западной части Канадского щита — в районе оз. Невольничьего, в бассейне р. Черчилл — к западу от Гудзонова залива, на островах Арктического архипелага. Юго-восточная часть Канадского щита окаймляется упомянутым выше Гренвильским поясом протерозойских пород, претерпевших особенно интенсивную складчатость и наиболее высокую степень метаморфизма.

В самой восточной части Канады (провинции Нью-Брансуик, Новая Шотландия и о-в Ньюфаундленд) расположены Аппалачские возвышенности, являющиеся северным продолжением американского Аппалачско-

го горного пояса и представляющие приподнятую новейшими движениями часть обширной палеозойской складчатой системы, скрывающейся в северо-восточном направлении под водами Атлантического океана. Аппалачи сложены дислоцированными ниже- и среднепалеозойскими осадочными и вулканогенными породами, прорванными интрузиями перидотитов, габбро и гранитов. Строение Северных Аппалачей осложнено рядом межгорных прогибов, выполненных континентальными молассами верхнего девона, карбона и отчасти перми.

В западной Тихоокеанской части страны, почти в меридиональном направлении, простирается мощная система горных хребтов Кордильер, средние высоты которых составляют 2000—3000 м. Ширина пояса Кордильер, продолжающегося в южном направлении на территорию США, колеблется от 600—700 до 900—1000 км. Самая западная ветвь этого пояса образована Береговым хребтом, являющимся высоким горным барьером, отделяющим внутренние районы Канады от Тихого океана. Многие вершины Берегового хребта покрыты обширными ледниками, при этом некоторые из вершин достигают высоты 6000 м. Западные склоны Берегового хребта, опускающиеся под воды Тихого океана, развиты поперечными и продольными тектоническими трещинами и образуют многочисленные фиорды. Восточная ветвь пояса Кордильер образована Скалистыми горами, высоты которых достигают 3000—3500 м. Значительным составным элементом Кордильер являются широкие платообразные водораздельные участки, изрезанные глубокими речными долинами, носящие название Внутренних плато (большинство их имеют высоты 1000—1200 м). Кордильеры характеризуются сложным геологическим строением и образованы породами широкого возрастного диапазона — от докембрийских до плейстоценовых. Среди разнообразных по происхождению и составу формаций преобладают древние сильно метаморфизованные осадочные и вулканогенные толщи, а также молодые вулканические фации — третичные и четвертичные. Широко развиты интрузивные горные породы, преимущественно гранодиоритового состава, формирование которых относится к триасовому, меловому и раннетретичному времени. Возраст основной складчатости и главного периода горообразования Кордильерской горной системы считается позднемезозойским (конец юры — начало палеогена), однако в зоне Тихоокеанского побережья погружение и складчатость происходили в течение всего кайнозоя, продолжают они и в настоящее время.

Обширная территория Канады и указанные выше особенности ее геологического строения, в том числе наличие вскрытого на больших площадях или неглубоко залегающего щита докембрийских метаморфических пород, многоярусного чехла осадочных отложений на погруженных участках этого щита и в широких предгорных прогибах, мощных складчатых геосинклинальных областей — палеозойской на востоке страны (Аппалачи) и молодой мезо-кайнозойской на западе (Кордильеры), сопровождающихся интенсивными проявлениями вулканизма и разновозрастными интрузиями различного состава, обусловили исключительное богатство недр страны разнообразными полезными ископаемыми.

Канада располагает крупными запасами никеля, меди, свинца, цинка, платиноидов, а также других цветных и редких металлов, большими ресурсами железной руды, уранового сырья, калийных солей, асбеста, угля. В последние годы быстро растут и увеличиваются запасы нефти и газа.

Наряду с высокоразвитым сельским хозяйством, лесной и целлюлозно-бумажной промышленностью, горнодобывающая промышленность Канады стала одной из ведущих отраслей всей экономики страны. При этом почти 65% продукции горнодобывающей промышленности идет на экспорт, составляя в общем экспорте Канады в стоимостном выражении около 31%.



В настоящее время Канада занимает первое место среди капиталистических стран по добыче и производству никеля, цинка, серебра, асбеста и калийных солей, второе место по добыче урана, золота, платины и по производству молибдена и серы, третье — по производству свинца и кобальта, четвертое — по добыче железной руды и производству меди. По данным канадского горного справочника, изданного в 1972 г., производство никеля в Канаде достигло в последние годы 56% от его суммарного производства в капиталистических и развивающихся странах, производство асбеста около 65%, цинка — более 29%, серебра — 17%, урана около 17%, тантала — 34%, свинца более 14%, платиноидов — 27%, молибдена — 22%, калийных солей около 27%, железной руды — 10%.

Запасы важнейших видов минерального сырья, выявленных в недрах Канады, уровни их добычи и производства характеризуются следующими данными.

Нефть и природный газ. Проводимые в Канаде в последнее десятилетие большие поисково-разведочные работы привели к открытию крупных нефтяных и газовых месторождений. По состоянию на начало 1972 г. разведанные запасы нефти в Канаде оценивались в 1156 млн. т и конденсата — 243 млн. т, а всего в 1,4 млрд. т. Разведанные запасы газа на это же время превышали 1,7 трлн. м³.

Главный нефтегазоносный регион Канады расположен в западной части страны (провинция Альберта) и приурочен к широкому прогибу между Канадским щитом и горными сооружениями Кордильер. Залежи нефти и газа обнаружены в стратиграфическом разрезе от ордовика до мела, однако преобладающая часть ресурсов углеводородов приурочена к рифогенным образованиям среднего девона и особенно к меловым отложениям (песчаники с прослоями глинистых сланцев). В нефтегазоносных районах провинции Альберта сосредоточено 89% всех разведанных в стране запасов нефти и конденсата и около 78% разведанных ресурсов газа. Крупные запасы нефти и газа выявлены также в провинции Саскачеван и менее значительные в провинциях Британская Колумбия и Манитоба. Общая протяженность нефтегазоносного района провинции Альберта и соседних районов достигает около 2500 км при ширине до 1300 км. К числу наиболее крупных месторождений региона относятся месторождения Рейнбоу, Пембина, Сван-Хилл, Ледюк, Кейбоб и др. Новые значительные месторождения нефти и газа открыты в последние годы в северных районах Канады.

Большой интерес представляют битуминозные песчаники месторождения Атабаска в провинции Альберта, приуроченные к свите макмарри нижнемелового возраста. Нефтеносные песчаники развиты на площади более 25 тыс. км², а мощность их колеблется от 1—2 до 60 м. Вероятные извлекаемые запасы нефти в этих песчаниках оцениваются в 40—43 млрд. т, а некоторыми исследователями даже в 60—70 млрд. т. Однако добыча нефти и попутной серы из песчаников Атабаски еще не достигла крупных промышленных масштабов в связи со сложностью их извлечения, хотя исследования в этом отношении ведутся уже свыше десяти лет.

К настоящему времени в топливно-энергетическом балансе Канады нефть составляет более 53% и природный газ — 21%. Еще сравнительно недавно, в 1960 г., добыча нефти (вместе с конденсатом) составляла в целом по стране всего лишь 26 млн. т, а в 1970 г. достигла 69,5 млн. т или 3,5% от мировой добычи. В 1971 г. добыча нефти в Канаде продолжала расти и составила 75,5 млн. т, при этом более 70% всей добытой нефти приходилось на провинцию Альберта. Так же быстро растет и добыча природного газа, которая в 1970 г. составила 65,9 млрд. м³, а в 1971 г. увеличилась до 76 млрд. м³, причем около 80% газодобычи также приходится на провинцию Альберта. Отличительной особенностью добываемого здесь газа является высокое содержание в нем сероводорода. Бла-

годаря успешно разработанной технологии использования серосодержащего газа, Канада стала одним из крупнейших производителей серы (в 1971 г. около 4,7 млн. т), а также крупным экспортером этого ценного химического продукта.

Ряд канадских месторождений природного газа является также крупными источниками гелия. Так, в провинции Саскачеван действует завод по производству сжиженного гелия и азота на базе месторождения Эйткенс, газ которого состоит в основном из азота (95,2—96,6%), а содержание гелия составляет от 0,8 до 1,9%. Повышенным содержанием гелия характеризуется месторождение Вуд-Майнтис, выявлен ряд других месторождений гелийсодержащего газа, позволивших Канаде со второй половины шестидесятых годов конкурировать с США в экспорте гелия во многие страны мира, в том числе в Англию, Италию, Францию, Японию.

Вместе с тем, преобладающая часть нефтяных и газовых промыслов Канады находится в полной зависимости от монополий США. Около половины добываемого в Канаде количества нефти и газа экспортируется в США по мощным трубопроводам. В 1970 г. в США было экспортировано 32,3 млн. т нефти и 3,6 млн. т нефтепродуктов, в 1971 г. вывоз нефти увеличился почти до 37 млн. т. Экспорт природного газа составил в 1970 г. 22,1 млрд. м³, а в 1971 г. увеличился до 28,2 млрд. м³. В связи с сокращением в последние годы запасов природного газа в США и усиливающимися трудностями в газоснабжении американской промышленности высказываются предположения, что уже к 1985 г. экспорт газа из Канады в США достигнет 100—105 млрд. м³.

К настоящему времени в Канаде сооружена разветвленная система трубопроводов, идущих от месторождений провинции Альберта и соседних провинций на запад и восток страны, а также выходящих на территорию США. К главнейшим из них относятся нефтепровод от Эдмонта (провинция Альберта) до Сарнии (пограничный с США город на южной оконечности оз. Гурон, к северо-востоку от Детройта) протяженностью более 3 тыс. км; нефтепровод Трансмаутин — Эдмонтон — Ванкувер длиной 1260 км; один из крупнейших на Американском континенте Трансканадский газопровод от Эдмонта до Монреаля протяжением в 3750 км; газопровод от месторождений провинции Альберта до Калифорнии протяжением 3200 км и др. Строительство новых нефтепроводов и газопроводов, особенно в направлении США, продолжается и сейчас.

Общая сумма капиталовложений в нефтяную промышленность Канады составила в 1970 г. 1,4 млрд. канадских долларов, а в 1972 г. достигла уже 2,1 млрд. долларов. Следует отметить, что одной из главных статей расходов в нефтяной и газовой промышленности Канады в последние годы становится разведка, на которую приходится около 25% от всех затрат. Это в значительной степени вызвано развитием поисково-разведочных работ в северных территориях (к северу от 60-й параллели), где стоимость бурения одного метра скважин достигла в 1971 г. 495 долларов против 55 долларов за один метр в среднем по стране.

Перспективными и потенциально нефтегазоносными считаются почти все платформенно-равнинные области и предгорные впадины Канады, сложенные осадочными отложениями, в первую очередь территории провинции Альберта и примыкающие к ней районы провинций Саскачеван и Британской Колумбии, Северо-Западных территорий, прибрежные низменности и дно Гудзонова залива (хотя бурение первых скважин в акватории этого залива положительных результатов не дало), часть островов Арктического архипелага, а также значительные акватории морских шельфов.

По оценке геологической службы Канады перспективные осадочные бассейны в шельфовых акваториях Канады занимают площадь более

1,4 млн. км². В последние годы интенсивные поиски морских нефтяных месторождений ведутся у восточного побережья Канады в Атлантическом океане, в заливе Св. Лаврентия, у берегов о-ва Новая Шотландия, около о-ва Антикости. По имеющимся оценкам перспективы шельфовой зоны от южной части о-ва Новая Шотландия до северной части п-ва Лабрадор оцениваются в 3,3 млрд. т нефти и 4,5 трлн. м³ газа. Мощность осадочного чехла в этой зоне по геофизическим данным достигает 10 км, а также развиты соляные структуры.

Поисковые работы на нефть и газ ведутся также в шельфе Тихого океана. Особенно перспективными оцениваются северо-западные площади Канады, непосредственно примыкающие к Аляске, в пределах которой в последние годы уже открыты крупные месторождения нефти и газа, в том числе гигантское нефтяное месторождение Прудхо-Бей с запасами нефти, оцениваемыми в интервале от 2,5 до 4 млрд. т. Значительная часть этого месторождения уходит под воды моря Бофорта, омывающего также северо-западные берега Канады. В этой части страны, в устье крупной канадской р. Маккензи, на побережье залива Амундсена и близлежащих полярных островах в настоящее время развернулись широкие геологопоисковые, геофизические и буровые работы. В середине 1972 г., в связи с положительными результатами разведочных работ в устье Маккензи, создан специальный американо-канадский консорциум, который приступил к проведению проектных и исследовательских работ, связанных с намечаемым сооружением гигантского газопровода из долины Маккензи до границы с США протяжением более 3800 км.

Уголь. В недрах Канады заключены крупные ресурсы угля, общие запасы которого оцениваются в 115 млрд. т, в том числе вероятные — в 58 млрд. т. Подавляющая часть угольных ресурсов (93%) сосредоточена в западной части Канады, а именно в провинциях Британская Колумбия, Альберта и Саскачеван, вдалеке от промышленно-развитых районов провинций Онтарио и Квебек, что осложняет их использование и в связи с чем степень их разведанности является незначительной.

Основной угольный бассейн, протяженностью около 1000 км, расположен вдоль границы провинций Британская Колумбия и Альберта. Продуктивная угольная толща связана в основном с меловыми отложениями. В южной части бассейна выявлены наиболее крупные месторождения коксующихся углей, запасы которых оцениваются в 9,3 млрд. т., в том числе месторождений Кроуз-Нест с запасами угля, пригодного для коксования, свыше 5 млрд. т. Угленосная толща месторождения имеет мощность 600—800 м и содержит свыше 20 угольных пластов суммарной мощностью от 13 до 65 м. В центральной и северной частях бассейна разведано несколько крупных месторождений битуминозных и бурых углей.

Угольные месторождения, приуроченные к отложениям верхнего карбона, известны в самой восточной части страны, в провинции Новая Шотландия. Здесь уже с давних пор ведется добыча угля из шахт, имеющих относительно небольшие запасы, но расположенных близко к промышленным центрам. Глубина разработки шахт достигла 1100—1200 м, преобладающая часть месторождений уже выработана.

Суммарная добыча углей всех сортов в Канаде составила в 1971 г. 19,3 млн. т. Ожидается, что в 1975 г. добыча угля возрастет до 30—35 млн. т. Значительная часть добываемого в Канаде угля экспортируется в Японию (в 1971 г. — около 5 млн. т), а также в Италию. В 1970—1971 гг. был заключен ряд контрактов, в соответствии с которыми Канада в ближайшее время будет обеспечивать 25% потребности Японии в угле.

Внутренняя потребность Канады в угле значительно превышает добычу и составила в 1971 г. свыше 27 млн. т. Эта потребность по-

крявается в основном за счет импорта угля из США, откуда уголь направляется преимущественно на промышленные предприятия и в города густо населенной провинции Онтарио (в 1971 г. около 19 млн. т.).

Урановые руды. Наряду с Южно-Африканской республикой (ЮАР) и США, Канада обладает наиболее крупными в капиталистическом мире ресурсами уранового сырья. По данным 1971 г., разведанные промышленные запасы Канады оцениваются (ориентировочно) в 210—250 тыс. т окиси урана (U_3O_8), запасы США — около 230—270 тыс. т, запасы ЮАР — 270 тыс. т (из почти 1100 тыс. т, разведанных в целом по капиталистическим и развивающимся странам).

Общие геологические (прогнозные) запасы урановых руд Канады оцениваются различными исследователями по-разному, но большинство их считает, что указанные выше запасы могут быть при необходимости удвоены и доведены до 400—500 тыс. т.

Урановые месторождения выявлены во многих районах Канады. Однако наиболее важные из них, имеющие ведущее промышленное значение (90% от запасов урана в целом по Канаде), разведаны в южной части провинции Онтарио, на северном побережье оз. Гурон. Здесь расположен крупный ураноносный район — Эллиот-Лейк, называвшийся ранее в литературе районом Блайнд-Ривер.

В составе геологической экскурсии конгресса нам представилась возможность посетить этот район, познакомиться с его геологией, главнейшими месторождениями, а также побывать на подземных рудниках и предприятиях.

Месторождения района приурочены к ураноносным кварцево-галечниковым конгломератам протерозойского возраста, распространенным на большой площади. Главнейшими урансодержащими минералами этих рудных конгломератов являются браннерит и уранинит. Почти все многочисленные месторождения, связанные с ураноносными конгломератами, характеризуются равномерным, но относительно невысоким содержанием окиси урана, а именно от 0,09 до 0,11% и только в отдельных залежах до 0,17%. Мощность рудных залежей составляет в среднем 3,6 м, но часто достигает 6 и даже 10 м.

Промышленное освоение урановых месторождений в районе началось в 1954 г. Наибольшего расцвета этот район достиг в 1959—1961 гг. В этот период разведанные запасы окиси урана в районе оценивались в 300 тыс. т, а годовое производство уранового концентрата достигало 10—11 тыс. т, при этом преобладающая его часть поставлялась в США. Однако уже в 1963 г. производство уранового концентрата в этом районе и, соответственно, в целом по Канаде снизилось до 7,4 тыс. т, в 1969 г. оно упало до 3,5 тыс. т и только в 1971 г. немного поднялось — до 4,3 тыс. т.

Внутренняя потребность Канады в урановых концентратах небольшая (200—300 т в год), основными потребителями его являются атомные электростанции. В связи с ускоряющимся развитием в стране атомной энергетики полагают, что внутренняя потребность в урановом концентрате увеличится в 1975 г. до 480—500 т и к 1980 г. до 1000 т. Однако в настоящее время уровень производства уранового концентрата в Канаде, как и прежде, зависит в основном от размера его поставок в США, частично в Англию. В 1970 г. был заключен ряд соглашений о поставке канадского урана в Японию, а также в ФРГ и другие страны Западной Европы.

В годы наибольшего расцвета урановой промышленности в Канаде (1959—1961 гг.) в районе Эллиот-Лейк добыча урановой руды производилась в 11 рудниках, а в настоящее время на полную мощность действуют только два наиболее крупных рудника. Остальные рудники полностью или частично остановлены и законсервированы.

Во время пребывания в Эллиот-Лейке мы ознакомились с самым крупным в районе действующим рудником «Денисон-Майн». Спустившись через шахтный ствол на глубину 2450 футов (800 м), мы прошли и проехали на грузовой машине в общей сложности 12 км по подземным выработкам, осмотрели работающую забой в богатой руде, познакомились с рудничным хозяйством.

Ураноносные конгломераты и вмещающие их породы обладают большой крепостью, в связи с чем нет необходимости в креплении горных выработок. Только на отдельных интервалах имеются потолочные предохранительные металлические сетки для поддержания кровли в зонах нарушенных горных пород.

Почти все горизонтальные горные выработки пройдены большим сечением, от 6×4 до 10×8 и более метров, что допускает встречное движение в выработках мощных тягачей, самосвалов и грузовых автомобилей. Никакого рельсового транспорта в горных выработках нет. Учитывая, что пласты ураноносных конгломератов залегают наклонно, но полого, с углами падения в 10—20°, преобладающая часть выработок является не горизонтальной, а имеет соответствующий падению рудных пластов уклон, легко преодолеваемый применяемым на руднике безрельсовым транспортом — гусеничными и колесными тягачами, экскаваторами, самоходными вагонетками, автосамосвалами.

Недалеко от рудников действуют крупные обогатительные фабрики, а также химические заводы, выпускающие урановые концентраты.

Кроме Эллиот-Лейка, месторождения урана известны во многих рудных районах Канады, в том числе в Северо-Западных территориях (районы Большого Медвежьего и Большого Невольничьего озер), в провинции Саскачеван и в некоторых других районах страны, однако по своим размерам и промышленному значению они уступают району Эллиот-Лейк.

В районе Большого Невольничьего озера урановое оруденение приурочено к мощным кварцевым жилам, в которых настуран ассоциируется с гематитом. Урановое оруденение района Большого Медвежьего озера приурочено к зонам смятия и трещинным жилам в протерозойских туфогенно-осадочных формациях; известные в прошлые годы в этом районе месторождения Эльдорадо, Порт-Радий и другие ныне в основном выработаны.

В провинции Саскачеван урановое оруденение района Биверлодж связано с докембрийскими интенсивно метаморфизованными породами и представлено двумя генетическими типами: гидротермальными жилами с настураном и пегматитовыми телами с уранинитом. В этой провинции подготавливается к эксплуатации (ориентировочно с 1974 г.) новое месторождение Раббит-Лейк и ведется строительство горнообогатительного предприятия производительностью 2 тыс. т U_3O_8 в год.

Железная руда. В недрах Канады выявлены крупнейшие залежи железных руд. По выявленным запасам железной руды Канада занимает первое место среди стран капиталистического мира, а по добыче — четвертое (после США, Франции и Австралии). Общие геологические запасы железных руд Канады оцениваются в 120 млрд. т, в том числе вероятные в 33 млрд. т, из которых детально разведано 8,5 млрд. т.

Производство товарной железной руды в Канаде составило в 1970 г. 48,9 млн. т и в 1971 г. — 47,4 млн. т. Преобладающая часть добываемых железных руд (36—39 млн. т в год) экспортируется за пределы страны, в основном в США, а также в Японию и страны Западной Европы. Этим объясняется сравнительно низкий уровень выплавки стали в Канаде (от 9,3 до 11,4 млн. т в год), который меньше производства стали в США в 10—11 раз, хотя добыча железной руды в Канаде меньше американской лишь в 2 раза. Доля канадских кампаний в добыче железной руды составляет ныне только 30%, а 70% приходится на

иностранные кампании, в том числе свыше 65% на монополии США. В соответствии с заключенными в последнее время долгосрочными контрактами на экспорт железной руды предполагается, что годовая добыча железной руды в Канаде возрастет в 1976 г. до 70 млн. т, а к 1980 г. до 90 млн. т, при этом главнейшими потребителями канадской руды останутся США (в 1980 г. не менее 32 млн. т), Япония (более 20 млн. т), Англия (около 10 млн. т), другие страны Европы (13 млн. т). В настоящее время железорудная промышленность Канады по стоимости продукции заняла четвертое место среди других важнейших отраслей горнодобывающей промышленности (после нефтяной, никелевой и медной).

Главнейшие железорудные месторождения страны приурочены к докембрийским формациям Канадского щита. Более половины всех железорудных ресурсов Канады сосредоточено на п-ове Лабрадор в провинции Квебек. Эта железорудная зона, протягивающаяся почти на 1200 км и связанная с докембрийскими кристаллическими породами, является одним из крупнейших железорудных районов американского континента и мира. Железные руды Лабрадора залегают вблизи поверхности, что позволяет вести их отработку крупными карьерами, и представлены преимущественно гематитовыми и магнетитовыми кварцитами, содержащими 30—35% железа, требующими обогащения. Среди железистых кварцитов встречаются залежи богатых руд с содержанием железа до 50—60%. К наиболее крупным месторождениям этой зоны относятся месторождения Унгава, Шеффервилл, Ноб-Лейк, Уобуш-Лейк, Ганьон, Маунт-Райт и другие. В районах этих месторождений действуют и строятся новые крупные горнообогатительные предприятия по выпуску железорудных концентратов и окатышей. На юго-западном продолжении Лабрадорской зоны, уже в южной части провинции Онтарио, расположены железорудные месторождения Содбери, Стип-Рок, Мишипикотен-Харбур, Атикокан и др., также преимущественно связанные с докембрийскими метаморфизованными породами Канадского щита.

Крупные месторождения осадочных оолитовых железных руд расположены на о-ве Ньюфаундленд. Общие запасы этих руд оцениваются около 4 млрд. т, часть рудной площади скрыта под водами Атлантического океана. Основными минералами оолитовых руд являются гематит, шамозит, сидерит. Содержание железа в рудах составляет около 51% и фосфора — 0,83%. Месторождения Ньюфаундленда (Уобан и др.) разрабатываются с конца прошлого столетия и когда-то были главным источником железной руды в стране. Однако в настоящее время добыча на этих месторождениях резко сократилась.

Железорудные месторождения контактового типа, связанные с гранитоидами, прорывающими мезозойские образования, известны на западе страны, в Кордильерах. Ряд железорудных месторождений выявлен поисково-разведочными работами последних лет в провинции Юкон и в Северо-Западных территориях.

Ресурсы марганцевых руд и хромитов в Канаде очень ограничены, известны месторождения лишь бедных руд. Потребности металлургической промышленности Канады в марганце и хrome покрываются в основном за счет импорта. Значительные месторождения *титановых руд*, связанные с основными изверженными породами архейского возраста, разведаны и разрабатываются в провинции Квебек. Среднее содержание двуокиси титана в гематит-ильменитовых рудах наиболее крупного месторождения Аллар-Лейк составляет 35%, железа около 40%.

Никель и медь. Канада обладает крупнейшими в капиталистическом мире ресурсами никеля и весьма значительными запасами меди. По данным 1971 г., общие запасы никеля (металла в руде) Канады оценивались в 12 млн. т, в том числе достоверные и вероятные в 8,5 млн. т, а производство никеля составило в 1970 г. 278 тыс. т или более 56% от его суммарного производства во всех капиталистических и развивающихся

странах (в 1971 г. оно несколько снизилось и составило 267 тыс. т). Вероятные и достоверные запасы меди в канадских месторождениях оцениваются в 17,7 млн. т, добыча меди из недр составила в 1971 г. 638 тыс. т (четвертое место в капиталистическом мире), а производство рафинированной меди — 459 тыс. т (в 1970 г.—493 тыс. т).

Уже в течение многих лет Канада является главным поставщиком никеля на мировой рынок. В 1970 г. канадскими фирмами, в том числе крупнейшими в капиталистическом мире никелевыми монополиями «Интернешнл никл компани оф Кэнада» (ИНКО) и «Фэлконбридж никл майнз», было экспортировано 266,5 тыс. т металла, в том числе 95,3 тыс. т или 36% в США, а остальная часть никеля в Англию, ФРГ, Норвегию и Японию.

Экспорт рафинированной меди из Канады в США, Японию и страны Западной Европы достиг в 1971 г. 289 тыс. т (против 181 тыс. т в 1965 г.).

Наиболее крупные и богатые месторождения сульфидных медно-никелевых руд в Канаде разведаны в провинциях Онтарио (Содбери) и Манитоба (Томпсон). Значительные запасы относительно более бедных медно-никелевых, медно-молибденовых и медно-цинковых руд выявлены в провинциях Британская Колумбия, Юкон, Квебек, Нью-Брансуик.

В составе упоминавшейся экскурсии мы имели возможность ознакомиться с геологическим строением, месторождениями и горнодобывающими предприятиями крупнейшего в Канаде медно-никелевого рудного района Содбери, расположенного в юго-восточной части провинции Онтарио, примерно в 600—650 км к северо-западу от столицы Канады — Оттавы.

В районе Содбери известно более 50 отдельных медно-никелевых месторождений, расположенных по периферии огромного эллипса, длинная ось которого протягивается в северо-восточном направлении почти на 60 км, а поперечная короткая более чем на 30 км. Это, по существу, целый бассейн сульфидных медно-никелевых руд магматического происхождения, приуроченных к краевым частям крупного интрузивного массива и залегающих в сильно метаморфизованных и брекчированных древних породах докембрия. По представлениям некоторых современных исследователей Содбери никельсодержащий магматический эруптив внедрился в протерозойскую эпоху в ослабленную зону земной коры, образовавшуюся вследствие падения большой массы метеоритов.

Основными рудными минералами медно-никелевых руд месторождений Содбери являются пирротин, халькопирит и пентландит. Кроме никеля и меди, в рудах содержатся кобальт, металлы платиновой группы, серебро, золото, селен, теллур, которые извлекаются попутно с основными металлами. Среднее содержание никеля в рудах варьирует в пределах от 0,7 до 1,5—2%, меди от 0,8 до 1,9% и лишь в отдельных месторождениях встречаются рудные залежи с более высоким содержанием. Обычно отношение никеля к меди в рудах Содбери составляет 1:1, однако в ряде месторождений значительно преобладает никель (1,5:1 и 2:1). Содержание кобальта колеблется от 0,05 до 0,07%.

Рудники района Содбери дают 75% от общей добычи никеля в Канаде. Во время нашего пребывания в районе (сентябрь 1972 г.) в Содбери работало около 20 рудников, принадлежащих двум кампаниям — «ИНКО» и «Фэлконбридж никл майнз», общей мощностью по добыче до 120 тыс. т руды в сутки. На такую же суточную мощность в районе действуют обогатительные фабрики. В Содбери преобладают рудники с подземной добычей, при этом некоторые из них, особенно наиболее старые, на которых добыча ведется с начала этого столетия, достигли глубин 1300 и даже 1500 м; большинство же их отрабатывается в настоящее время на горизонтах 400—600 м. Имеются также и открытые разработки карьерами. Разведка рудных залежей в районе, как правило, ведется при помощи станков подземного бурения — вертикального,

наклонного и горизонтального, непосредственно из подземных горных выработок.

В районе месторождения Томпсон (провинция Манитоба), эксплуатируемого с начала шестидесятых годов, разведанные запасы никеля к началу 1971 г. оценивались в 1,5, а общие в 4,6 млн. т. Среднее содержание никеля в рудах этого месторождения составляет более 2,5%, а меди — лишь 0,2%. К настоящему времени производство никеля на предприятиях района достигло 67 тыс. т.

К северу от месторождения Томпсон, в северной части той же провинции Манитоба, разрабатывается месторождение медно-никелевых руд Линн-Лейк, в которых содержание никеля составляет около 0,9% и меди — 0,5%.

Значительная часть запасов меди Канады заключена в месторождениях медно-цинковых колчеданных руд (Флин-Флон в провинции Манитоба, Норанда, Матагами, Шибугамо и др. в провинции Квебек). Среднее содержание меди в месторождениях этого типа составляет обычно от 2 до 3%.

В ряде районов страны выявлены крупные месторождения медно-порфириновых руд. Особенно большое промышленное значение в последние годы приобрел район широкого развития медно-порфириновых руд Хайленд-Велли, связанных с нижнеюрскими кварцевыми диоритами, расположенный в южной части провинции Британская Колумбия. Здесь выявлены такие крупнейшие медные и медно-молибденовые месторождения, как Велли-Коппер (с запасами руды свыше 1 млрд. т при среднем содержании меди 0,46%), Лорнекс (270 млн. т руды, содержание меди — 0,43%, молибдена — 0,14%), Хайгмонт (155 млн. т медно-молибденовых руд), Бренда и др. Большинство месторождений пригодно для эксплуатации крупными открытыми карьерами. В настоящее время в районе ведется интенсивное строительство горных и обогатительных предприятий, которые должны стать крупнейшими в Канаде поставщиками меди.

В связи с вовлечением в последние годы в переработку относительно бедных медно-порфириновых руд среднее содержание меди в добываемых рудах в целом по Канаде снизилось с 1,4% в 1965 г. до 0,87% в 1970 г.

Цинк и свинец. По запасам и добыче цинка Канада находится на первом месте среди капиталистических стран, по запасам свинца — на втором, а по его добыче — на третьем (после США и Австралии). Вероятные и достоверные запасы цинка оцениваются в 22,7 млн. т и свинца в 12,7 млн. т. В 1971 г. добыча цинка (металла из руд) достигла 1114 тыс. т и свинца — 369 тыс. т, а производство цинка составило около 400 тыс. т и рафинированного свинца — 170 тыс. т. Около 80—90% цинковых и свинцовых концентратов ежегодно экспортируется из Канады в Японию и страны Западной Европы, частично в США.

К наиболее крупным месторождениям свинцово-цинковых руд относятся Пайн-Пойнт, расположенное в Северо-Западных территориях Канады, Анвилл (провинция Юкон), Салливан и Ривз (провинция Британская Колумбия), Флин-Флон (провинция Манитоба), Матагами (провинция Квебек), Батерст (провинция Нью Брансуик) и др. В последние годы работы по поискам и разведке свинцово-цинковых месторождений значительно активизировались. Ведется строительство новых рудников и обогатительных фабрик в целях дальнейшего увеличения экспорта свинцово-цинковых концентратов, в первую очередь в Японию.

Месторождение Пайн-Пойнт находится на побережье Большого Невольничьего озера и залегает в среднедевонских доломитах. Его руды, представленные галенитом, сфалеритом, марказитом и пиритом, содержат в среднем около 4% свинца и 7% цинка. Суммарные запасы указанных металлов на месторождении оцениваются в 15 млн. т.

Эксплуатируемое с 1900 г. месторождение Салливан, называемое на современных канадских геологических картах месторождением Кимберлей и расположенное в самой юго-западной части страны, недалеко от границы с США, являлось в течение многих лет одним из крупнейших полиметаллических месторождений мира, дававших около 70% общеканадской добычи цинка и 30% добычи свинца. Несмотря на длительный срок отработки, суммарные запасы свинца и цинка этого месторождения и сейчас еще являются весьма значительными и оцениваются в 5—6 млн. т. Месторождение залегает в докембрийских аргиллитах и алевролитах, замещенных сульфидами, образующих большую линзообразную залежь. Рудные минералы представлены галенитом, сфалеритом, пирротинном, пиритом, в меньшей степени — халькопиритом и арсенопиритом; в промышленных количествах содержатся касситерит и серебро. Содержание свинца в рудах достигает 7—8% и цинка около 6,5%.

Крупным поставщиком цинка является месторождение медно-цинковых руд Флин-Флон, эксплуатируемое уже много лет, в связи с чем глубина разработки его достигла 1500 м. Большие запасы богатых цинком комплексных колчеданных руд разведаны в районе Матагами (провинция Квебек), где месторождения связаны с вулканическими породами архея. Основными рудными минералами являются сфалерит, пирит, пирротин и халькопирит. Содержание цинка в рудах достигает 12%, меди — 0,7%; извлекаются также серебро и золото.

Запасы месторождения Анвилл-Фаро в провинции Юкон оцениваются в 65 млн. т руды со средним содержанием свинца — 3,4%, цинка — 5,7% и серебра — 34 г/т. На базе месторождения построено и введено в действие новое горнообогатительное предприятие.

Благородные металлы. В недрах Канады выявлены крупные ресурсы металлов платиновой группы, серебра и значительные запасы золота.

По разведанным запасам и добыче платины и других металлов платиновой группы Канада занимает среди капиталистических стран второе место (после ЮАР). В 1971 г. запасы оценивались в 498 т, в том числе платины — 230 т и палладия — 218 т. Преобладающая часть ресурсов платиновых металлов связана с медно-никелевыми рудами месторождений Содбери и Томпсона. В рудах Содбери содержание платиноидов составляет, в среднем 0,8 г/т. Преобладающим среди металлов платиновой группы является палладий, удельный вес которого по содержанию в рудах составляет 45,9%, удельный вес платины — 44,5%, на остальные платиноиды приходится 9,6%. Кроме платины и палладия, из руд извлекаются родий, иридий и осмий. Производство металлов платиновой группы на предприятиях Канады составило в 1970 г. 14350 кг, в том числе платины — 6200 кг и палладия — 6150 кг. В 1971 г. общее производство платиноидов снизилось до 12900 кг.

Вероятные и достоверные запасы серебра Канады оцениваются в 19,9 тыс. т, которые в основном связаны с полиметаллическими, медно-цинковыми, медно-никелевыми и серебряно-кобальтовыми рудами, а также с жильными месторождениями золота. По добыче серебра Канада занимает одно из первых мест в мире (в 1971 г. — 1398 т), при этом более половины его экспортируется в основном в США, в меньшей степени в Японию, Бельгию, ФРГ, Англию. Около половины производимого в стране серебра извлекается из месторождений свинцово-цинковых руд, почти 25% из руд медно-цинковых месторождений и 15—18% из месторождений кобальтовых руд, расположенных в районе Гауганда — г. Кобальт в провинции Онтарио.

Сведения о запасах золота в Канаде (как и по другим капиталистическим странам) в печати не публикуются, однако ориентировочно они могут быть оценены в 5—6 тыс. т. По добыче золота Канада занимает среди капиталистических стран второе место (после ЮАР). За

все время существования канадской золотодобывающей промышленности, т. е. с 1858 г. и по 1971 г. включительно, из недр страны извлечено 6000 т металла. В последнее десятилетие, в связи с истощением запасов золота в россыпях и богатых рудах и удорожанием добычи, последняя значительно сократилась, а именно с 138,2 т в 1961 г. до 85,3 т в 1968 г., 73,3 т в 1970 г. и до 70 т в 1971 г. Из добытых в 1970 г. 73,3 т в целом по всем месторождениям Канады, 57,5 т или 78,4% было добыто из золоторудных жильных месторождений, 15,7 т или 21,4% извлечено попутно из полиметаллических, преимущественно медно-цинковых руд и только 167 кг или всего лишь 0,2% из россыпей.

Главнейшие золотокварцевые жильные месторождения приурочены к докембрийским породам Канадского щита, главным образом к его юго-восточной части (на границе провинций Онтарио и Квебек) на которые приходится около 77% от всего золота, добываемого в стране. В 1970 г. в Канаде действовало 32 собственно золотых рудника, однако, за исключением одного, все они были убыточными, в связи с чем им оказывалась государственная финансовая помощь, осуществляемая по специальному закону о субсидировании золоторудной промышленности.

Следует заметить, что добыча золота на большинстве канадских рудников производится в настоящее время из глубоких горизонтов, а именно с глубин от 500 до 2000 м, а на трех рудниках глубина отработки уже превышает 2000 м.

По запасам кобальта Канада среди капиталистических и развивающихся стран занимает четвертое место, а по добыче третье (после Заира и Замбии). Основные запасы кобальта, оцениваемые в 210 тыс. т при среднем содержании 0,07%, заключены в медно-никелевых рудах Содбери, Томпсона, Лин-Лейка и других сульфидных месторождений. Около 10 тыс. т кобальта содержится в серебряно-кобальтовых рудах месторождений провинции Онтарио (район Гауганда-Кобальт). Производство кобальта в стране составило в 1971 г. 2260 т, из которых более половины экспортируется в Англию, Бельгию, США, Японию.

В результате усиленных геологоразведочных работ, проводимых в последние 5—6 лет, Канада стала обладателем крупных ресурсов молибдена. В настоящее время по запасам и добыче молибденовых руд Канада вышла на второе место в капиталистическом мире (после США). Вероятные и достоверные запасы молибдена канадских месторождений оцениваются в 550 тыс. т, а годовое производство достигло в 1970 г. 17,1 тыс. т (в 1971 г. оно снизилось до 12,1 тыс. т). Большая часть производимого молибдена экспортируется; на внутреннее потребление используется лишь 15% добываемого молибдена. Канада теперь стала одним из главных поставщиков молибдена, в связи с чем увеличивается зависимость черной металлургии таких стран, как Англия, Япония, Франция, Нидерланды, Бельгия, ФРГ, от поставок молибдена из Канады.

Почти половина всех запасов молибдена в Канаде заключена в нескольких крупных штокверковых месторождениях собственно молибденовых руд. К наиболее крупным из них относится месторождение Эндако, расположенное в зоне Кордильер в провинции Британская Колумбия. Запасы этого месторождения оцениваются в 220 млн. т руды, среднее содержание молибдена в которой составляет 0,09% (195 тыс. т металла). В 1970 г. на месторождении было добыто 9,2 млн. т руды, из которой получено 8,3 тыс. т молибдена в концентрате.

Более 40% ресурсов молибдена сосредоточено в комплексных месторождениях медно-молибденовых руд, наиболее распространенных в южной части провинции Британская Колумбия (Хайленд-Вэлли, Лорнекс, Хайгмонт, Бренда и др.). Остальная часть запасов молибдена заключена в многочисленных, но преимущественно мелких месторождениях,

выявленных во многих районах страны и представленных, главным образом кварц-молибденитовыми жилами.

Выявленные в Канаде ресурсы *вольфрамовых* руд не велики. Запасы триоксида вольфрама оцениваются всего лишь в 30 тыс. т, а производство ее в 1971 г. составило около 1700 т, при этом часть вольфрамового концентрата экспортируется в США. Наиболее крупным является месторождение шеелитовых руд скарнового типа Тангстен (ранее называвшееся Флаг-Ривер), расположенное в самой западной части Северо-Западных территорий на границе с провинцией Юкон. Среднее содержание триоксида вольфрама в рудах составляет около 1,6%. Значительная часть разведанных запасов месторождения может обрабатываться открытым способом, мощность вскрыши от 0 до 90 м.

Запасы *олова* Канады также крайне ограничены. Практически единственным источником олова пока служит крупное месторождение свинцово-цинковых руд Салливан, содержащих касситерит, который извлекается из хвостов цинковой флотации.

В настоящее время поисково-разведочные работы на олово ведутся во многих районах страны. Относительно перспективный оловорудный район выявлен пока лишь в провинции Нью-Брансуик, где разведано месторождение Маунт-Плезант, залегающее в сильно метаморфизованных осадочно-вулканогенных породах нижнего ордовика, прорванных девонскими гранитами и дайками карбонового возраста. Содержание олова в рудах составляет 0,55—0,6% и цинка от 1,8 до 2,2%, однако промышленное использование руд месторождения осложняется тем, что значительная часть олова связана с весьма тонкозернистым касситеритом или со станнином.

Сравнительно небольшие запасы *сурьмы* содержатся в комплексных полиметаллических рудах месторождения Салливан, а также в золото-сульфидных рудах ряда месторождений. Небольшие месторождения собственно сурьмяных руд выявлены в провинции Юкон. Также не велики в Канаде и ресурсы *ртути*, мелкие месторождения которой известны, в частности, в пермских доломитизированных известняках (провинция Британская Колумбия).

Редкие металлы и рассеянные элементы составляют значительную долю минеральных богатств Канады и изучены во многих месторождениях страны.

Наиболее крупные запасы *ниобия* (более 60% от общих ниобиевых ресурсов страны) сосредоточены в пирохлоровых рудах месторождения Ока, расположенного в 30 км к западу от Монреаля (провинция Квебек). В районе месторождения развиты докембрийские известняки гренвильской серии, пересеченные карбонатитами и щелочными породами. Содержание пятиоксида ниобия в рудах составляет 0,4—0,5%. Экономическая ценность месторождения повышается в связи с использованием хвостов обогатительной фабрики для производства портланд-цемента, известковых удобрений и строительного камня. Значительные ресурсы ниобия выявлены в провинции Онтарио на месторождениях Ньюмен и Шапло, в пирохлоровых рудах которых содержатся также урановые минералы. Богатые пирохлором россыпные месторождения известны в провинции Британская Колумбия.

Наиболее значительные месторождения *бериллия* связаны с пегматитами, выявленными в нескольких районах страны. В провинции Манитоба расположено месторождение Берник-Лейк, в мелкокристаллических рудах которого содержание окиси бериллия колеблется от 0,2 до 2%. В рудах этого месторождения содержатся в промышленных количествах также тантал, литий, цезий и рубидий. В Северо-Западных территориях известна группа месторождений Йеллоунайф, связанная с поясом сподуменовых пегматитов. Месторождения бериллия выявлены также в гнейсах Лабрадора. Богатые концентрации лития уста-

новлены в пегматитовых месторождениях Ла-Корн и около оз. Ассиника в провинции Квебек, а также в сподуменовых пегматитах во многих участках провинции Онтарио.

В недрах Канады выявлены значительные ресурсы кадмия, селена и теллура, по производству которых Канада занимает среди капиталистических стран одно из первых мест. Промышленные концентрации индия установлены в рудах ряда полиметаллических месторождений, в том числе в рудах месторождения Салливан. Источниками висмута являются руды многих свинцовых, медных, молибденовых и серебряно-кобальтовых месторождений. Повышенные содержания германия установлены в углях ряда месторождений в провинции Британская Колумбия.

Наряду с металлическими полезными ископаемыми, недра Канады богаты различными видами нерудного минерального сырья, особенно асбестом, калийными солями, серой, баритом, графитом, флюоритом и разнообразными строительными материалами.

Асбест. Канада является обладателем крупнейших в мире месторождений хризотил-асбеста, которые оцениваются в 70 млн. т волокна, что составляет 73% суммарных ресурсов асбеста во всех капиталистических и развивающихся странах. При этом более половины указанных огромных запасов, а именно 37,5 млн. т, сосредоточено в месторождении Джеффри (провинция Квебек), на базе которого действует крупный рудник вблизи г. Асбестос. Основным источником асбеста является пояс ультраосновных пород, расположенный в восточной части провинции Квебек, в пределах которого, кроме Джеффри, известны другие крупные месторождения — Тетфорд, Кинг-Бивер, Блэк-Лейк, Норманди и др. На базе указанных месторождений здесь действуют 9 рудников, принадлежащих 7 кампаниям, из которых 6 находятся под контролем США.

Значительные месторождения хризотил-асбеста известны также в провинциях Онтарио, Британская Колумбия (месторождение Кассиэр), Юкон и в других районах страны.

В 1971 г. добыча асбестового волокна в Канаде достигла 1,6 млн. т, что составляет более 60% от всего производства асбеста в капиталистических странах. Таким образом, Канада занимает первое место в капиталистическом мире как по запасам, так и по добыче асбеста, а также является самым крупным экспортером этого важного минерала, используемого в строительстве, машиностроении, электропромышленности и химии. Канада использует лишь 5% от добываемого в стране асбеста, экспортируя преобладающую его часть в другие страны, в первую очередь в США (41% канадского экспорта), в государства Западной Европы (31%), а также в страны Азии и Латинской Америки.

Калийные соли. Общие запасы калийных солей Канады, включая залежи глубоких горизонтов (свыше 1070 м), разработка которых возможна методом подземного выщелачивания, оценивается в 50 млрд. т K_2O , в том числе вероятные и достоверные — 16 млрд. т. Главный соленосный бассейн Канады, имеющий протяженность около 800 км при ширине 250 км, располагается в основном в провинции Саскачеван, юго-западной части провинции Манитоба и в восточных районах провинции Альберта. По запасам калийных солей, а с 1968 г. и по их добыче Канада занимает первое место среди стран капиталистического мира.

Потребление калийных солей внутри страны составляет лишь 20—30% от их производства. Около 80% канадского экспорта калийных солей приходится на США, хотя последние, как известно, также обладают крупными запасами калийных солей. Это объясняется тем, во-первых, что некоторые сорта калийных солей месторождений Канады по своему качественному составу отличаются от американских и, во-вторых, тем, что водный путь по Великим озерам Канады и США позволяет транспортировать калийные руды из Саскачевана в США значительно дешевле,

чем по внутренним железным дорогам Америки. Наряду с этим отдельные сорта калийных солей (преимущественно сульфатные) импортируются в Канаду из США.

Промышленные месторождения фосфатного сырья в Канаде практически отсутствуют.

Из других видов горнохимического сырья Канада располагает крупными ресурсами *серы*, получаемой из серосодержащих горючих газов провинции Альберта, из отходящих газов цветной металлургии при переработке сульфидных руд, а также из пиритов. Канада экспортирует в другие страны 80% производимой серы.

В Канаде выявлены значительные месторождения гипса, поваренной соли, соды, талька, плавикового шпата, барита, нефелиновых сиенитов, слюды-флогопита, графита и других нерудных полезных ископаемых.

Ознакомление с горнодобывающей промышленностью Канады позволяет судить о ней, как о высоко развитой отрасли экономики, с большой эффективностью использующей богатые природные ресурсы страны. В общей структуре промышленности Канады явно преобладают сырьевые отрасли, имеющие, однако, своей главной целью не столько удовлетворение внутренних потребностей страны, сколько обеспечение расширенного экспорта сырья и его продуктов в другие капиталистические страны, особенно в США, Японию, Англию и другие государства Западной Европы.

По данным канадского министерства энергетики, горной промышленности и природных ресурсов, удельный вес экспорта из Канады в 1970 г. от общего объема добычи или производства за тот же год составил (в %):

Угля	27,4	Свинца	83,2
Природного газа	33,4	Молибдена	85,8
Железной руды	44,7	Асбеста	94,5
Урана	52,4	Никеля	95,4
Сырой нефти	52,9	Цинка	98,9
Меди	70	Серебра	102,1*
Калийных солей	73,1		
Элементарной серы	79,1		

* Экспорт серебра в 1970 г. превысил годовое производство.

Многие важнейшие отрасли канадской экономики находятся в руках иностранного капитала. Имеются данные, что к началу 70-х годов иностранных капитальных вложений в Канаде достигли огромных размеров, — около 35 млрд. долларов, из которых свыше 80% приходится на долю США, постепенно вытеснивших Англию, занимавшую несколько десятков лет тому назад в экономике Канады ведущее положение. Будучи единственным соседом Канады на Северо-Американском континенте и используя удобные транспортные связи, США все более и более внедряются в экономику Канады, особенно в отрасли, связанные с эксплуатацией ее огромных минеральных богатств. В последние годы увеличился приток в канадскую горную промышленность капиталовложений из Японии и ряда стран Западной Европы.

Вместе с тем опыт Канады в освоении своих богатых минеральных ресурсов и в развитии горнодобывающих отраслей промышленности представляет определенный интерес.

В частности, заслуживающим внимания является опыт Канады по освоению минеральных богатств северных и субарктических территорий, которое сопровождается созданием специализированных транспортных средств и другой специальной техники, планомерным осуществлением в течение ряда лет широкой программы дорожного строительства, называемой «Дороги к ресурсам», а также сооружением опорных населенных пунктов в районах наибольшей концентрации природных ресурсов или на подходах к ним. Заслуживает также внимания хорошая организация

горных и добычных работ на некоторых рудниках Канады, сооруженных в последнее десятилетие (в частности, в Содбери и особенно на урановых рудниках Эллиот-Лейка), где высокий уровень механизации и автоматизации трудоемких процессов обеспечивает высокую производительность труда. Нельзя не отметить пример рационального и выгодного для страны комплексного использования крупных ресурсов серо-содержащего природного газа в провинции Альберта. Много поучительного имеется и в организации геологоразведочных работ, особенно в разумном и рациональном совмещении этапов детальной разведки месторождений непосредственно с их промышленным освоением, что дает большой выигрыш во времени и в экономии средств.

Отличительной особенностью экономики Канады является высокий уровень развития энергетики. В последние годы около 75% энергии вырабатывается на базе использования газа и нефти, остальная часть приходится на уголь, гидроэнергию и ядерное топливо. Вместе с тем основу собственно электроэнергетики составляют гидроэлектростанции, построенные на многочисленных реках Канады и вырабатывающие около 80% всей электроэнергии страны, производство которой достигло в 1971 г. 213 млрд. квтч.

Располагая крупными запасами уранового сырья, Канада относится к числу стран, наиболее интенсивно развивающих атомную энергетику. Уже в настоящее время на атомных станциях вырабатывается около 2% всей электроэнергии.

Высокий уровень энергетики и наличие сравнительно недорогой электроэнергии обусловили развитие в Канаде многих энергоемких производств, в том числе производства алюминия, хотя в стране почти полностью отсутствует сырье для получения глинозема. Наиболее крупные алюминиевые заводы расположены вблизи мощных гидростанций, дающих дешевую электроэнергию.

В производстве алюминия, целиком базирующемся на импортных бокситах и глиноземе, Канаде принадлежит после США первое место среди других стран капиталистического мира. Из 8022 тыс. т первичного алюминия, произведенного в 1970 г. в капиталистических странах, 3607 тыс. т приходится на США (также работающих в основном на импортном сырье) и 972 тыс. т на Канаду. В 1971 г. производство алюминия в Канаде увеличилось до 1050 тыс. т. Не имея своего алюминиевого сырья, но используя дешевую электроэнергию, Канада стала самым крупным в мире экспортером алюминия: ежегодный экспорт этого металла из Канады составляет 700—800 тыс. т. Преобладающая часть производимого алюминия экспортируется в Англию, Японию, ФРГ, США, ЮАР, Бельгию.

Ежегодный импорт бокситов в Канаду составляет 2,3—2,5 млн. т и глинозема 0,9—1 млн. т. Наибольшая часть бокситов импортируется из Гайаны (1,6—2 млн. т в год), а также из Малайзии, Суринама, Гвинеи, Австралии, а импорт глинозема осуществляется в основном из Ямайки, США, Австралии и Гайаны.

В заключение следует отметить, что ознакомление советских геологов с богатыми месторождениями полезных ископаемых и горнодобывающими предприятиями Канады в период работы XXIV сессии Международного геологического конгресса было полезным. Несмотря на коренные различия между СССР и Канадой в политическом, социальном и государственном строе, народы этих двух стран не могут не испытывать взаимного интереса. Это относится, в первую очередь, к обмену опытом в наиболее эффективном использовании громадных и разнообразных природных ресурсов, которыми богаты обе страны, а также в промышленном освоении новых обширных территорий.

Литература

- Антипова А. В., Антонова И. Ф. Канада. Изд-во «Мысль», 1972.
- Бодня И. В., Колупанов В. В. Развитие горнодобывающей промышленности Канады. Бюлл.—«Цветная металлургия». М., 1972, № 3.
- Быховер Н. А. Экономика минерального сырья. Состояние и перспективы обеспеченности мировой потребности в минеральном сырье. Изд-во «Недра», 1971.
- Бюлл. информ. комерж. информ. (БИКИ). Приложение № 3. Состояние капиталистического хозяйства и конъюнктура основных товарных рынков. М., 1972.
- Минеральные ресурсы промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран. Годовой обзор. ВГФ, М., 1972.
- Минерально-сырьевая база Канады. Обзор на начало 1971 г. ВИЭМС, М., 1972.
- Мирлин Г. А. Международный геологический конгресс и минерально-сырьевые ресурсы Канады.—Разведка и охрана недр, 1973, № 2.
- Обзор минеральных ресурсов стран капиталистического мира. Северная Америка. ВГФ, М., 1965.
- Хаин В. Е. Региональная геотектоника. Изд-во «Недра», 1971.
- Экономическое положение капиталистических и развивающихся стран. Обзор за 1971 г. и начало 1972 г. Институт мировой экономики и международных отношений АН СССР. Изд-во «Правда», 1972.
- Audette P. Iron ore.—Metall. Bull., Spec. Issue: Canada, 1971.
- Buck W. Keith. Canada.—Mining Journal Ann. Rev., 1971.
- Canada's mineral production in 1970.—Canad. Mining and Met. Bull., 1971, 64, N 706
- Canada's mineral production in 1971.—Canad. Mining and Met. Bull., 1972, 65, N 719.
- Canadian coal prospects.—Mining Mag., 1972, 126, N 2.
- The Canadian mineral industry in 1971.—Canad. Mining J., 1972, 93, N 2.
- Card K. D., Naldrett A. J., Gruy-Bray J. V., Pattison E. F., Phipps D., Robertson J. A. General Geology of the Sudbury-Elliott Lake Region. Guidebook.—Intern. geol. congr. XXIV session, Exc. C-38. Montreal, 1972.
- Copper. Mining Ann. Rev., 1971.
- Days. D. Iron ore.—Mining J. Ann. Rev., 1971.
- Frazier J. W. Petroleum and natural gas.—Canad. Mining J., 1972, 93, N 2.
- Lloyd C. J. Uranium.—Mining J. Ann. Rev., 1971.
- Mining: what it means to Canada — 1971. The Mining Association of Canada. Toronto, 1971.
- Naldrett A. J., Greenman L., Hewins R. H. The Main Irruptive and the Sub-Layer at Sudbury, Ontario.—Intern. geol. congr. XXIV session. Sect. 4. Mineral. Deposits. Montreal, 1972.
- Nickel.—Mining J. Ann. Rev., 1971.
- Ontario Department of Mines and Northern Affairs Review — 1971. Toronto, 1972.
- Pallister O. E. NW Canada oil potential may be 30 billion barrels.—World Oil, 1971, 173, N 5.
- Petruk W. Depositional Conditions for the Ore Minerals in the Silver-Arsenide-Sulphide Deposits in the Cobalt and Gowganda Areas.—Intern. geol. congr. XXIV session. Sect. 4. Mineral. Deposits. Montreal, 1972.
- The platinum metals.—Mining J. Ann. Rev., 1971.
- Scott S. D. The Ag—Co—Ni—As Ores of the Siscoe Metals Mine, Gowganda, Ontario, Canada.—Intern. geol. congr. XXIV session. Sect. 4. Mineral. Deposits. Montreal, 1972.
- Shank R. J. Copper.—Canad. Mining J., 1972, 93, N 2.
- Stubbs R. L., Knight C. H. Lead and Zinc.—Mining J. Ann. Rev., 1971.
- Strauss S. D. Silver.—Mining J. Ann. Rev., 1971.
- Uranium Resources, Production and Demand, September 1970.—A Joint Report by the European Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. Paris -- Vienna, 1970.

Н. А. Еременко, И. П. Жабрев,
С. П. Максимов, Л. И. Ровнин

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

На XXIV сессии Международного геологического конгресса проблемы горючих полезных ископаемых рассматривались 5-й секцией, где было заслушано 27 докладов. Доклады были сгруппированы по трем основным проблемам: 1) геохимия нефти; 2) закономерности залегания нефти и газа; 3) распределение месторождений и потенциальные ресурсы нефти и газа во всем мире.

Геохимия нефти

Данная проблема не получила достаточно полного освещения на секции. Ни количество докладов, ни их содержание, ни дискуссия по докладам не охватывали в достаточном объеме поставленную проблему. Практически на секции были доложены лишь работы по отдельным вопросам данной проблемы.

Рассматривая проблему в естественной последовательности, начиная от накопления исходного органического вещества в осадках, следует прежде всего остановиться на докладе «Потенциальные перспективы арктических отложений: углеводороды и их производные в осадках моря Бофорта», представленные группой канадских ученых (И. Пик, М. Стросшер, Б. Бейкер, Р. Госсен, Г. Ходгсон, Р. Мак-Кроссан и К. Йорас (E. Peake, M. Strosher, B. Baker, R. Gossen, G. Hodgson, R. McCrossan, C. Yorath)). В докладе развивается идея органического происхождения нефти, которая, по мнению авторов, наиболее убедительно доказывается путем идентификации сложных химических соединений в сырой нефти и их предшественников в растениях и молодых осадках. Со ссылкой на работу И. Вайтхеда (Whitehead, 1972) приводится ряд молекул биологического происхождения в сопоставлении с их производными в нефтях (рис. 1).

В этой схеме демонстрируется не только генетическая связь между молекулами, но также и возможные преобразования, происходящие в ходе формирования состава нефти. Авторы придерживаются взглядов начала образования нефтяных углеводородов на ранней стадии, еще в осадках. К сожалению, им остались неизвестны многочисленные работы В. Вебера в этом направлении, проведенные им в Советском Союзе. Объектом изучения авторы выбрали осадки моря Бофорта, где было отобрано 10 образцов. В отобранных образцах изучались содержания углеводородов, жирных кислот, стероидов и стеролов, хлорофилов и порфиринов, аминокислот и общего органического углерода.

Содержание органического углерода в осадках моря Бофорта (1,14%), сопоставимо с содержанием его в осадках других морей. Примерно 25% этого углерода находится в гуминовых и фульвенных кислотах, являющихся, по мнению авторов, предшественниками неф-

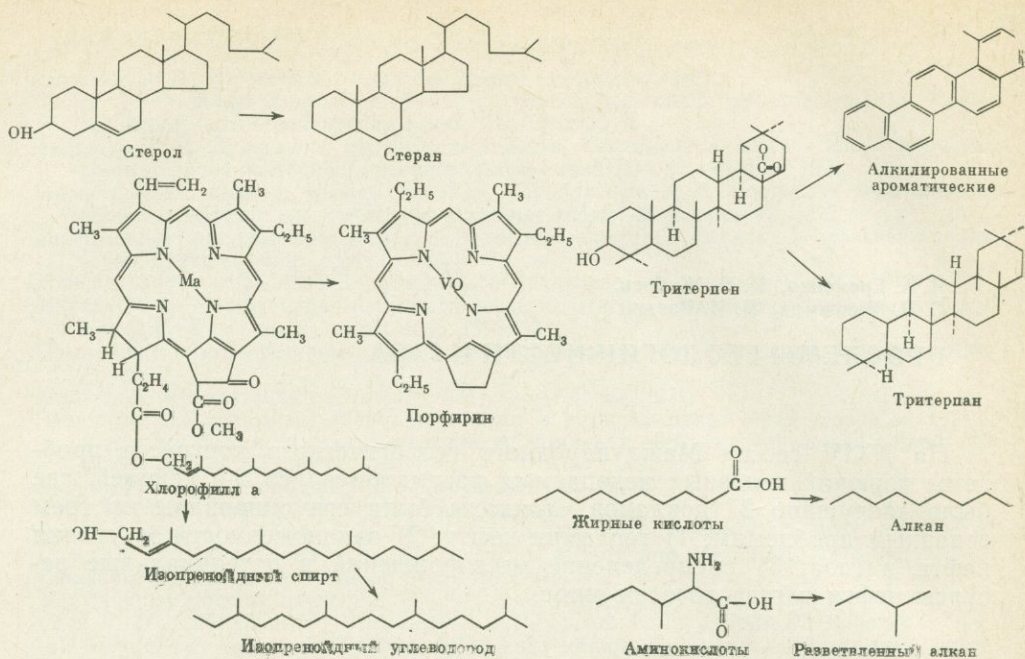


Рис. 1. Сопоставление молекул биологического происхождения с их производными в нефтях (по Е. Пик, М. Стрoшер и др.)

тяных углеводов. Содержание нормальных алканов несколько превышало их количество в осадках других морей, но было ниже, чем в большинстве осадочных пород. По соотношению в *n*-алканах атомов, нечетных к четным (в среднем 2,9), авторы предполагают участие остатков наземной растительности в органическом веществе осадков. Обнаружение фитона и пристана, указывает, по-видимому, на процесс превращения растительных липидов в изопреноидные углеводороды. Ароматические углеводороды претерпевают алкилирование, приводящее к образованию типа соединений, обнаруженных в сырых нефтях. Этот процесс ранее не наблюдался в молодых осадках, предполагалось, что он может протекать лишь на более поздних стадиях диagenеза.

Авторы приходят к выводу, что осадки моря Бофорта сходны с осадками других районов и имеют значительную микробиологическую и химическую активность, ведущую к образованию составных компонентов нефти.

И. Пик и другие исследователи, Канада (E. Peake et al.) вносят дополнение в существующие представления о процессах преобразования органического вещества в современных осадках. Прежде всего следует отметить основное заключение авторов об идентичности процессов преобразования органического вещества в осадках арктических морей с аналогичными процессами других морских бассейнов. Вопрос, который оживленно дискутировался, но не мог быть решен однозначно из-за отсутствия необходимых глубоких исследований. Исследование углеводородной фракции насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, обнаружение стераналов и стеринов, комплексов хлорофилла с металлами, металлопорфиринов — все это является достаточно важными элементами в построении общей схемы теории органического происхождения нефти.

Е. Пик с соавторами допускает существенное участие остатков наземной растительности в образовании исходных компонентов нефти в морских осадках. Однако они не затрагивают возможности накопления и преобразования исходного органического вещества в пресноводных

водоемах. Исследование этого вопроса, на примере пресноводных осадков оз. Севан в Советском Союзе, было произведено В. Вебером (1963). Обсуждение такой возможности, на примере древних пресноводных осадков бассейна Уинта, приведено в докладе Р. Моуджера, США (R. Manger) «Исследование изотопов серы в битуминозных песках бассейнов Уинта, штат Юта, США». Бассейн Уинта выполнен озерными и речными третичными отложениями мощностью свыше 3300 м. В керогеноносных озерных отложениях залегает свыше 137 млн. т первичной нефти. Четыре битуминозных горизонта содержат запасы свыше 68 млн. т нефти, природного газа и твердых углеводородов. Озеро покрывало относительно широкую равнину и было очень мелководным в течение длительного времени. Оно возникло в начале эоцена и закончило свое развитие в конце эоцена. К этому времени в озере увеличивалась соленость вод. С изменением солености изменялся химический состав осадков и твердых углеводородов. Сера в органическом веществе и пирите обогащалась S^{34} . Сульфаты привносились в озеро с пылью, дождевой водой, речными потоками и ручьями со значением δS^{34} между +5 и +10%.

Автор доклада считает, что значительная часть озерных сульфатов должна быть потреблена организмами, особенно водорослями, в период интенсивной биологической активности. Некоторое количество сульфатов окислялось в H_2S бактериями, а другая часть усваивалась живущими организмами. Часть H_2S поступала в осадки в виде пирита, некоторое количество окислялось в сульфаты, а другое количество H_2S , вероятно, выделялось в атмосферу. Со временем озеро медленно обогащалось S^{34} и обеднялось сульфидами с S^{32} .

По мнению автора, пески формации Грин-Ривер выполняли роль дренажного канала. Углеводороды вместе с водой отжимались из осадков в пески Грин-Ривер. Их перемещение происходило в виде мицеллярных растворов.

Дальнейшее высаливание углеводородов происходило в соответствии с их растворимостью в минерализованных водах при движении последних от центра к краям бассейна. В результате сырая нефть бассейна Уинта, обогащенная парафинами, локализовалась в центре бассейна. По краям бассейна в формации Грин-Ривер образовались битуминозные пески, обогащенные ароматическими и серо-, азот- и кислородсодержащими соединениями.

Таким образом, Р. Моуджер в вопросах миграции существенную роль отводит отжиманию воды из уплотняющихся осадков и движению мицеллярных растворов углеводородов в минерализованных водах. Еще больше внимания подземным водам уделено в докладе П. Дикей, США (P. Dickey). «Миграция пластовых вод в осадочных породах и концентрация нефти и других полезных минералов». П. Дикей начинает свой доклад с рассмотрения причин проявления аномальных (высоких и низких) давлений и условий выжимания воды из пластичных глин. В этой части доклад не содержит каких-либо новых положений и вряд ли может заинтересовать наших геологов. Следует только отметить, что П. Дикей допускает сохранение аномально высоких давлений в течение длительного геологического времени. Так, по его мнению, аномальные давления в газовых залежах в песчаных линзах, заключенных в пенсильванских глинах в бассейне Анадарко (Оклахома, США), сохранились с пенсильванского времени. Нетрудно рассчитать, что в пределах проницаемости глин, приводимых автором от $4 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-6}$, рассеивание давления должно происходить в отрезки времени значительно более короткие, чем геологическое.

Рассматривая давление внутривисерной жидкости в отложениях, механизм уплотнения осадков, сверхнормальное высокое поровое давление и химические процессы, связанные с уплотнением, автор приходит

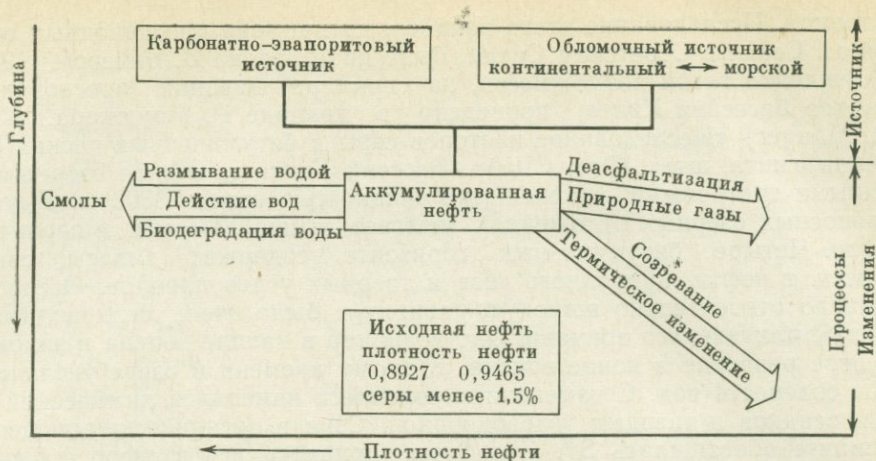


Рис. 2. Модель для предсказания качества нефти (по М. Роджерс, Н. Бейли, К. Эванс, Дж. Мак-Элари)

к выводу, что формирование нефти и полезных ископаемых, диagenез и метаморфизм пород протекают в условиях наличия солевых высокотемпературных вод, которые регулируют этот процесс и участвуют в реакциях. По мере развития метаморфизма внутрипластовые воды высокого давления разрывают породы и откладывают железные руды и другие минералы в трещинах и кавернах, созданных этими водами. Поэтому образование некоторых жил может происходить в результате сверхнормально сжатой воды, выжимаемой из осадочных пород.

Динамические процессы уплотнения осадков вызывают движение воды, которая в условиях снижения температур приводит к сегрегации и концентрации полезных компонентов, таких как нефть и рудные минералы. Система потока воды определяет положение нефти и рудных минералов. Следовательно, распознавание этих процессов и этой системы может послужить важным фактором при поисках таких месторождений.

Практически рассмотрение вопросов происхождения нефти и первичной миграции на секции было ограничено выше рассмотренными докладами. Другая обширная область геохимии нефти, охватывающая вопросы эволюции нефтей и изменения их свойств в залежах, была рассмотрена всего в одном докладе «Модель изменения нефтей в пластах западного бассейна, Канада», представленного канадскими учеными М. Роджерсом, Н. Л. Бейли, К. Эвансом и Дж. Мак-Элари (M. Rogers, N. Bailey, C. Evans, J. McAlary). Авторы поставили перед собой задачу определить природные процессы, которые контролируют качество нефтей в залежах. В этих целях ими предлагается модель, представленная на рис. 2.

В построении этой модели авторы исходят из постулата об некоей единой исходной нефти относительно хорошего качества с плотностью порядка 0,893—0,946 г/см³ и содержанием серы 1,5%. Представления об исходной нефти среднего состава в Советском Союзе одно время развивались Н. Вассоевичем, однако в последующем он отказался от этих взглядов как не соответствующих общей схеме теории органического происхождения нефти. Действительно, процессы преобразования органического вещества в нефть следует рассматривать как длительные и непрерывные. «Вряд ли эти процессы во времени протекают равномерно. По-видимому, в ходе геологической истории они могут то увеличиваться, то ослабевать, или даже приостанавливаться при создании неблаго-

приятной обстановки. Признав непрерывность процессов углеводородообразования в осадочной толще приходится полностью отказаться от поисков некой исходной нефти среднего состава. Во времени происходит не только изменение состава нефтей и сопутствующих им газов, но и качественные изменения компонентов того органического вещества, из которого предполагается их образование» (Еременко, 1968, стр. 317). Таким образом трудно согласиться с исходным постулатом авторов этого доклада. Вместе с тем основные процессы, рассматриваемые ими, могут иметь место в природе и могут оказать существенное влияние на свойства нефтей в залежах. К таким основным процессам авторы относят: 1) термальные изменения; 2) газовую деасфальтизацию и «гравитационную сегрегацию»; 3) вымывание и биodeградацию. Из указанных трех групп процессов (влияние их на свойства нефти и газов подробно рассмотрено в отечественной литературе) следует здесь обратить внимание только на «газовую деасфальтизацию», которой авторы придают исключительно большое значение. Сущность процесса заключается в осаждении тяжелых битумов из нефтей за счет растворения в них газа (метана), нарушающего существовавшее там фазовое равновесие. Это явление сравнивается авторами с процессами деасфальтизации нефтей пропаном на очистительных заводах.

По мнению авторов, предлагаемая модель объясняет разнообразие состава нефтей и газов в залежах Западно-Канадского бассейна: вниз по падению, к западу — сухой газ как следствие процессов метаморфизма; вверх по восстанию, на востоке — сухой газ от недостаточного созревания, и тяжелые смолы как результат биodeградации и выветривания; между ними расположены нефти среднего удельного веса и жирный газ, отражающие усиление термического созревания и деасфальтизации в западном направлении.

В процессе заседания секции при обсуждении докладов и в кулуарах ни разу не поднимался вопрос о неорганическом происхождении нефти. Косвенное отношение к этому вопросу имеет лишь доклад К. Перинга, США (К. Pering) «Микробиологическое изменение битумов, связанных с залежами свинцово-цинковых руд в Северном Дербшире, Великобритания». Автор детально с помощью хроматографии и инфракрасной спектрографии изучил битумы, связанные с гидротермальным свинцово-цинковым месторождением в Дербшире. На основании этих исследований он пришел к выводу о генетической связи этих битумов с известняками нижнего карбона и сланцами Едаль (верхний карбон). В дальнейшем битумы претерпели существенные изменения вследствие выветривания и микробиологических процессов (возможно, недавних).

Закономерности залегания нефти и газа

В рамках этой проблемы рассматривались особенности литолого-стратиграфических залежей, цикличности процессов нефтегазообразования. В докладе К. Конибиара, Австралия (С. Conybeare) «Нефтяные залежи в древних речных отложениях: палеогеографический взгляд» рассмотрено 19 примеров залежей, приуроченных к аллювиальным отложениям. Залежи, приуроченные к аллювиальным отложениям, автор подразделяет на два типа: 1) приуроченные к древним аллювиальным равнинам (таких большинство); 2) к дельтовым протокам.

Многие из таких залежей являются небольшими по сравнению с гигантскими нефтяными залежами, однако в сумме они могут быть многочисленны в пределах бассейна, а взятые отдельно они могут являться привлекательным объектом для поисково-разведочных работ. Для экстраполирования площадей, содержащих нефть и газоносные песча-

ники, и выделения основных стратиграфических простираний используют палеогеографические методы исследования.

Доклад очень интересен и вызвал оживленную дискуссию. Это объясняется тем, что в США максимальное внимание привлекают стратиграфические и литологические залежи, так как структурные залежи в основном уже выявлены.

Залежам в дельтовых отложениях был посвящен специальный доклад И. Рейнуотера, США (E. Rainwater) «Нефть в дельтовых отложениях». По мнению автора доклада, большинство известных залежей нефти и газа в терригенных породах приурочено к песчаникам, которые отлагались в крупных дельтах, где накопился и быстро захоронялся значительный объем органического вещества, с образованием пористых толщ песков и сингенетичных структурно-стратиграфических ловушек.

Известны некоторые примеры нефтяных месторождений, связанных с дельтовыми отложениями: 1) третичного возраста (в бассейнах дельты р. Нигер, оз. Маракайбо, Восточно-Венесуэльского бассейна, в бассейне Мексиканского залива США, бассейне Иррвадди в Центральной Бирме, бассейне залива Кука на Аляске, бассейне залива Камбей в Индии, бассейне Уинта в США, бассейне Гипспленд в Австралии); 2) мелового возраста (в Северо-Восточной Альберте, Канада — битуминозные песчаники Атабаска, в нескольких бассейнах Скалистых гор США); 3) позднепалеозойского возраста (в бассейнах Иллинойс, Блэк-Уаррирр, Аркома, Чероки и Делавэр в США); 4) среднепалеозойского возраста (в бассейне Аппалач и в США). В своем докладе автор рассматривал только шесть примеров связи нефтяных месторождений с третичными отложениями (Мексиканский залив, США; дельта р. Нигер, Нигерия; третичный трог в центральной Бирме, бассейн Уинта, США) и с меловыми дельтовыми отложениями (центральная часть Мексиканского залива США; битуминозные песчаники Атабаска, Канада). По мнению докладчика, нефтеносные песчаники отлагались в быстро погружаемых дельтовых депоцентрах на краевых частях океана или в крупных внутренних морях. Органическое вещество перерабатывалось в нефть после захоронения, и нефть и газ накапливались сначала в структурно наиболее высоких частях линзообразных горизонтов.

Классический пример «стратиграфической» залежи рассмотрен в докладе У. Гассоу, США (W. Gussow) «Нефтяное месторождение Ист-Техас в новой интерпретации». Некоторое уточнение в условиях залегания песчаника «Вудбайн» позволило автору дать новую схему условий и времени формирования этого месторождения.

В процессе обсуждения в кулуарах условий образования «стратиграфических» залежей большинство выступавших соглашалось с необходимостью подразделения этой группы залежей по схеме, принятой в Советском Союзе на две подгруппы: собственно стратиграфические и литологические.

Залежам, приуроченным к рифам, были посвящены два доклада советских ученых: Г. Ованесова, И. Абрикосова, Р. Хачатряна «Рифы Камско-Кинельской системы прогибов и их роль в процессе накопления нефти» и Н. Успенской и В. Быкова «Некоторые закономерности в распределении месторождений нефти и газа рифового типа»¹. В первом докладе разбираются условия формирования Камско-Кинельской системы прогибов, с бортами которых связано развитие органогенных построек. Во внешних прибортовых зонах распространены более крупные и сложно построенные верхнефранкофаменские и фаменско-нижнетурнейские рифы и биогермы, во внутренних зонах — менее круп-

¹ Все доклады советских геологов опубликованы на русском языке в специальном издании АН СССР к XXIV сессии Международного геологического конгресса. Проблема 5 — Горючие ископаемые. Изд-во «Наука», 1972. В этом издании читатель может ознакомиться с полным текстом докладов.

ные по размерам и амплитуде турнейские биогермы. Рифы группируются либо в линейные валлообразные структуры, либо в изометрические выступы. Во втором докладе отмечается связь залежей с барьерными и атолловыми рифами, а также с крупными одиночными рифами и их связками. В распространении этих рифов наблюдается преимущественная связь с линейными разломами фундамента или с пересечением разломов разного направления.

Вокруг первого доклада развернулась оживленная дискуссия, направленная на уточнение фациальных условий образования рифов вообще и по методике поисков и разведки залежей, связанных с рифами. Отмечено, что основное направление поисков таких залежей базируется прежде всего на палеогеографических построениях и фациальном анализе. Геофизические методы разведки, к сожалению, во многих случаях все еще бессильны при разведке подобного типа залежей.

В докладе советских геологов С. Максимова, Н. Еременко, Т. Ботневой, Р. Панкиной «О цикличности процессов нефтегазообразования» излагаются взгляды на цикличность процессов нефтегазообразования в связи с цикличностью осадконакопления. Региональность циклов нефтегазообразования и их периодическая повторяемость обусловлены тектонической эволюцией Земли. В ходе этой эволюции возникали циклы нефтегазообразования, которые были более или менее сходны по направленности протекающих процессов, но отнюдь не тождественны. Одни из них имели региональный характер, другие локальный. Каждый цикл нефтегазообразования характеризовался своими особенностями, отражающимися в количестве углеводородов, продуцируемых материнскими породами, в их составе, а также в геологических запасах нефти и газа и специфичности их геологических характеристик. Доклад был воспринят аудиторией весьма положительно. Многочисленные вопросы и ряд выступлений подчеркнули своевременность поставленной проблемы и большие возможности, вытекающие из ее развития в области познания общих законов нефтегазообразования и определения основных условий распространения скоплений нефти и газа.

Хорошим дополнением к рассматриваемому докладу явился, заслушанный почему-то в следующем разделе, доклад А. Крёла и Х. Визенедера, Австрия (А. Kröll, Н. Wieseneder) «Происхождение нефтяных и газовых залежей в Венском бассейне». Авторы на основании синтеза геологических данных по Венскому бассейну и геохимических исследований выделили два цикла «формирования углеводородов»: первый происходил в нижнем неогене, второй — в баденское и сарматское время.

Распределение месторождений и потенциальные ресурсы нефти и газа во всем мире

По этой проблеме было заслушано десять докладов. По этим докладам следует выделить три направления исследований. Первое направление связано с оценкой перспектив нефтегазоносности и подсчетом прогнозных запасов нефти и газа арктических районов земного шара. Этой теме было посвящено два доклада: К. Драммонде, США (К. Drummond) «Нефтяные месторождения и потенциальные ресурсы Арктических островов Канады» и А. Эрдли, США (А. Eardley) «Предварительные подсчеты запасов нефти и газа в Арктике». Второе направление исследований посвящено нефтегазоносности осадочных бассейнов и их районированию. По этой теме было представлено пять докладов: «Нефтегазоносные осадочные бассейны» (Н. Вассоевич, А. Геодекян, Л. Зорькин, Н. Лопатин, А. Серегин, Б. Соколов, Е. Стадник, В. Чернышев); «Теоретические основы нефтегеологического районирования»

(И. Высоцкий, В. Оленин); «Главные факторы формирования и размещения залежей нефти и газа в мезозойских терригенных отложениях Западно-Сибирской провинции» (Ф. Гурари, Т. Гурова, А. Конторович, К. Микуленко, В. Старосельцев); «Закономерности размещения и формирования залежей нефти и газа в палеозое Волго-Уральской области» (Н. Ерофеев, Г. Ованесов, Н. Еременко, О. Махоньков); «Закономерности нефтегазонакопления на территории Украинской ССР» (Г. Доленко). Все указанные доклады опубликованы в специальном сборнике докладов советских геологов, а поэтому останавливаться на них нет необходимости. Третье направление посвящено формированию гигантских и крупнейших месторождений нефти и газа. По этой теме было представлено три доклада: «Гигантские нефтяные месторождения на земном шаре» — Дж. Мууди (J. Moody) и Х. Эммерич (H. Emmerich), США; «Особенности развития нефтяных провинций в зависимости от геологического возраста» — Ф. Норт (F. North), Канада и «Зависимость распределения запасов нефти и газа от типов крупных и крупнейших тектонических структур (В. Наливкин, СССР).

Как известно, несколько лет тому назад некоторые исследователи (Л. Назаркин) высказывали идею об ограничении процессов нефтегазообразования соответствующими северными широтами и увязывали их с климатическими условиями. К. Драммонд привел данные, из которых видно, что на огромной площади Арктических островов Канады и в разновозрастных осадочных комплексах отмечены проявления нефти в виде нефтенасыщенных песчаников, битумов и высачивания нефти. По состоянию на март 1972 г. на площадях в пределах 76—79°51' с. ш. выявлено три крупных месторождений газа и одно месторождение легкой нефти. Эти четыре месторождения нефти и газа являются самыми северными в мире.

А. Эрдли произвел подсчет запасов нефти и газа для бассейнов, ограниченных северным полярным кругом, которые охватывают морские площади до глубины воды в 500 м. Автор придерживался следующей методики: 1) регистрация доказанных запасов нефти и газа по состоянию на последнее время в расчете на 1000 км² для двух наиболее перспективных бассейнов (северный склон прибрежной равнины Аляски и Западно-Сибирской низменности); 2) оценка возможности открытия новых месторождений нефти и газа; 3) установление фактора перспективности для каждого бассейна на основании геологических данных, начиная с 1,0 для двух наиболее перспективных бассейнов и с меньшей перспективностью в 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 для остальных; 4) вычисление потенциальных ресурсов для каждого бассейна по формуле: запасы нефти и газа в расчете на 1000 км² для наиболее перспективных бассейнов умножались на фактор перспективности и на площадь бассейна, выраженную в км². В результате проведенных предварительных расчетов получено, что арктический регион за полярным кругом, включая сушу и море до глубины воды в 500 м, имеет потенциальные ресурсы: нефти 74 млрд. т и газа 38,8 трлн м³. Потенциальные ресурсы нефти и газа по отдельным площадям приведены в таблице.

Из приведенных данных видно, что основные прогнозные запасы нефти А. Эрдли связывает с территорией СССР и прилегающими морями (43,5 млрд. т): с бассейном Баренцова моря (5,6 млрд. т), шельфом Восточной Сибири (5,1 млрд. т), бассейном Новой Земли (3,8 млрд. т), бассейном Карского моря (3,5 млрд. т), с поясами слабой и современной складчатости севера и востока Сибирской платформы (9,3 млрд. т).

По данным А. Эрдли, большая часть потенциальных ресурсов газа в районах Арктики также приходится на территорию СССР и прилегающих морей (более 22 трлн. м³): шельфу Восточной Сибири (2,1 трлн. м³), бассейну Баренцова моря (2,72 трлн. м³), бассейну Новой Земли (1,38 трлн. м³), бассейну Карского моря (3,44 трлн. м³), бассейну За-

падной Сибири (7,9 трлн. м³), поясам современной складчатости севера и востока Сибирской платформы (4,51 трлн. м³).

Высокая оценка перспектив нефтегазоносности арктических территорий СССР и колоссальные прогнозные запасы нефти и газа, приуроченные к ним, а также к прилегающим морям, базируется на огромных достижениях по открытию гигантских и крупнейших нефтяных и газовых месторождений на территории Западной Сибири и Тимано-Печорской провинции с их уникальными концентрациями запасов газа и нефти. Однако цифры, приводимые А. Эрдли по территориям и акваториям СССР, следует признать сомнительными и отнести к ним весьма критически.

Известно, что менее 5% от общего числа разрабатываемых нефтяных месторождений земного шара составляют гиганты, с которыми связано более 85% мировых запасов нефти (Klemme, 1971). Один процент месторождений — супергигантов (свыше 548 млн. т) в мире содержит 65% запасов нефти и газа. За последние 10 лет по числу открытых месторождений — гигантов в новых бассейнах, а также по величине разведанных

**Потенциальные ресурсы нефти и газа в районе Арктики
(по А. Эрдли)**

Площади	Фактор перспективности	Площадь, тыс. км ²	Ресурсы нефти, млрд. т	Ресурсы газа, трлн. м ³
Прибрежная равнина Аляски	1,0	170	3,5	1,7
Шельф Аляски (территория США)	0,8	260	4,3	2,1
» Восточной Сибири	0,6	410	5,1	2,4
Дельта р. Маккензи и шельф	0,8	285	4,7	2,28
Бассейн Пил	0,6	130	1,6	0,78
» Игл	0,6	30	0,4	0,018
» Свердруп	0,8	530	8,7	4,24
Многосинклиналь Франклин	0,6	175	2,2	1,05
Бассейн юга франклинской многосинклинали	0,2	820	3,4	1,64
Шельф Эллесмер	0,4	4,5	0,04	1,8
» Западной Гренландии	0,4	245	2,0	2,0
Бассейн Баренцова моря	0,4	680	5,6	2,72
» Новой Земли	0,4	345	3,8	3,8
Печорский бассейн	0,8	430	3,5	3,44
Бассейн Западно-Сибирской низменности	1,0	790	16,2	7,9
Пояс слабой складчатости севера и востока Сибирской платформы	0,6	300	3,7	1,8
Пояс современной складчатости севера и востока Сибирской платформы	0,4	678	5,6	2,71

запасов газа на первое место в мире вышел СССР. Свыше половины запасов газа мира связано с месторождениями Западной Европы и СССР. Познание закономерностей, связанных с открытыми гигантскими месторождениями, вероятно, сможет облегчить поиски новых гигантов нефти и газа. Поэтому данному направлению уделяется исключительный интерес и внимание. В частности, этой теме посвятили свой доклад Дж. Мууди и Х. Эммерич, США (J. Moody, H. Emmerich), которые провели исследования по 196 гигантским месторождениям (извлекаемые запасы более 68,5 млн. т), содержащим около 92,5 млрд. т, что составляет 67% от общемировых запасов.

Исследование возраста нефтеносных коллекторов на гигантских месторождениях выявляет преобладание третичных и мезозойских коллек-

торов. Из-за наличия огромных запасов на Ближнем Востоке наибольший удельный вес играют мезозойские залежи. Хотя неизвестно, как объяснить эту закономерность, взаимосвязь гигантских месторождений и запасов с возрастом настолько явная, что все мезозойские и третичные осадочные бассейны необходимо исследовать в первую очередь.

Оказалось, что более чем в 50% случаев коллектора гигантских месторождений связаны с песчаниками, а не с карбонатными отложениями. Однако карбонатные коллекторы содержат в целом почти столько же запасов, что и песчаные. Тем самым показывается, что гигантские месторождения с карбонатными коллекторами в среднем крупнее, чем месторождения с песчаными коллекторами. Роль других типов пород — коллекторов незначительна.

При рассмотрении характера ловушек видно, что антиклинали сильно преобладают над всеми другими структурными формами. Можно вполне реально возразить, что это происходит потому, что антиклинали легче выявить, чем другие типы ловушек. Однако вполне возможно, что антиклинали действительно являются наиболее эффективными при образовании залежей.

Большое внимание было уделено проблемам, связанным с раскрытием геологической истории развития гигантских месторождений. Особый интерес представляют определение возрастных рамок структурного роста, времени образования, миграции и аккумуляции нефти.

Соответствующие данные часто отсутствуют для многих месторождений, особенно для некоторых более старых. Авторы попытались проследить, существует ли связь между гигантскими месторождениями и несогласиями. Полученные данные показывают, что крупные несогласия более часто связаны с гигантскими месторождениями (исключая месторождения на Ближнем Востоке) по сравнению с месторождениями, где нет взаимосвязи с несогласиями. Однако, если рассматривать эту зависимость с учетом гигантских месторождений Ближнего Востока, то такая зависимость не выявляется. Эвапориты как изолирующие слои создают благоприятные условия для накопления нефти. Месторождения с эвапоритовыми изолирующими горизонтами в среднем содержат значительно больше нефти, чем месторождения без таких покрывок. Это видно и для гигантских месторождений Ближнего Востока.

Что касается тектонического положения гигантских месторождений, то значительная их часть расположена в области шельфа и меньше в подвзетных поясах и глубоких бассейнах. Это объясняется благоприятным сочетанием коллекторов, нефтематеринских пород и быстрым осадконакоплением и влиянием других факторов, которые еще не раскрыты.

В докладе Ф. Норта, Канада (F. North) «Особенности развития нефтяных провинций в зависимости от геологического возраста» устанавливаются явные существенные различия между нефтяными бассейнами третичного, мезозойского и палеозойского возрастов. Эти различия лучше всего выявляются при сравнении бассейнов исключительно третичного возраста (например, бассейн Лос-Анжелес) с бассейнами, главным образом, мезозойского возраста, но продолжающие развитие и в третичное время (бассейны Персидского залива и оз. Маракайбо), а особенно при сравнении этих двух типов бассейнов с бассейнами, которые начинали развиваться с палеозойского времени. Эти различия обусловлены, главным образом, дальностью миграции нефти, которая привела к тому, что нефть в более древних отложениях образовала залежи на значительном удалении от прибрежной полосы в шельфовых отложениях и нектонических ловушках. В то время третичные нефти сохранили стабильность в первоначальных бассейнах и в ловушках тектонического происхождения. По мнению докладчика, в мезозое повсеместно стал развиваться новый механизм образования бассейнов: растягивание земной коры, вызванной дрейфом континентов. Бассейны, образованные до этого

времени, не имели достаточной связи с мезозойскими орогеническими поясами, хотя они, вероятно, были связаны с обратными склонами поясов герцинской складчатости. Были выявлены многие бассейны (Сирт, Габон, Тюмень, Экофиск, Гипсленд, Камбей), которые отличаются от обычных орогенных бассейнов. Многие среди них содержат огромные запасы не связанного газа, характерные для интервала растяжения между периодами сжатия позднепенсильванского и позднемелового возрастов (Гронинген, Лак, Хаси-Р' Мель, Уренгой, Газли, Гиджалпа). Вероятно, в породах мезозойского и раннемезозойского возраста открытых запасов нефти осталось больше, чем в целом в породах остального возраста.

Можно отметить, что в докладе Д. Норса высказаны интересные положения, однако, к сожалению, автор не приводит фактического материала, подтверждающего его точку зрения.

Значительная группа советских геологов (в том числе и авторы статьи) участвовала в десятидневных экскурсиях, проведенных до (А-25) и после (С-25) конгресса.

Экскурсии должны были ознакомить их участников с региональной геологией отложений, содержащих уголь, нефть, газ и некоторых других полезных ископаемых в пределах Внутренних равнин и восточной части Канадских Кордильер. Хотя основные запасы нефти и газа Западной Канады приурочены к району Равнин, основная часть маршрута экскурсии проходила через Предгорья и Скалистые горы, где имеются почти непрерывные обнажения пород, вмещающих нефтяные и газовые залежи. По данным Канадской нефтяной ассоциации, доказанные извлекаемые запасы в пределах Альберты и Британской Колумбии на 31 декабря 1970 г. составили: нефти 1 млрд. т, нефти в битуминозных песках 47,7 млрд. т, газа 1,5 трлн. м³ и конденсата 250 млн. т.

Среди нефтяных и газовых месторождений Канады выделяются следующие основные типы.

Нижне- и среднедевонские литологические залежи, связанные с переходом вверх по региональному падению песчаников Гилвуд в глины Ватт-Маунтин, развитых в бассейне Эльк-Пойт. Наиболее значительные месторождения Митсу (нефть 46 млн. т) и Нэнси (нефть 38 млн. т). Здесь и ниже даются начальные извлекаемые запасы.

Первое крупное открытие было сделано в 1964 г. Глубины залегания залежи 1750—1800 м, средняя мощность продуктивной зоны 4—6 м, средняя пористость 13—14%.

Девонские рифы и связанные с рифами ловушки. К этой группе приурочены довольно значительные месторождения в Западной Канаде. Устанавливается закономерное изменение возраста рифогенных отложений при движении с севера на юг. Наиболее древние нижне- и среднедевонские рифы установлены в пределах северо-западных территорий и на северо-востоке Британской Колумбии, южнее, в районе Свен-Хиллз, рифы развиты в низах верхнего девона, а еще южнее в районе Пис-Ривер и Южной Альберты рифы появляются в верхах верхнего девона.

Установлены четыре основные зоны развития рифов.

1) Барьерный риф Слейв Пойнт-Прескуайл на северо-востоке Британской Колумбии. Газовые залежи здесь обнаружены в узкой доломитизированной краевой части развития карбонатов у границы их перехода в глины. Рифы были выявлены сейсмикой МОВ. Наиболее значительные месторождения: Кларк-Лейк (газ 46 млрд. м³), Йо-Йо (газ 26 млрд. м³).

Первое крупное открытие было сделано в 1958 г. Глубина залегания залежей 1700—2000 м, средние мощности продуктивной зоны 36—41 м, средняя пористость 7—10%.

2. Площадь Рейнбоу в Северо-Западной Альберте. Доломитовые рифовые поднятия среднего девона (живет) обнаружены среди эвапоритов. Рифы картируются сейсмикой МОВ. Наиболее значительное место-

рождение Рейнбоу (нефть 43 млн. т, газ 14 млрд. м³). Первое крупное открытие было сделано в 1965 г. Глубина залегания 1800 м, средняя мощность продуктивной зоны 130 м, средняя пористость 8%.

3. Верхнедевонские (франские) рифы Биверхилл-Лейк. Известняковые рифовые сооружения этой группы окружены известняками и глинами. Наиболее значительные месторождения: Свен-Хиллз (нефть 128 млн. т), Свен-Хиллз-Саус (нефть 51 млн. т), Вирджиния-Хиллз (24 млн. т), Карсон-Крик-Норс (нефть 18 млн. т), Кайбоб (нефть 16 млн. т), Снайп-Лейк (нефть 10 млн. т). Первое крупное открытие было сделано в 1957 году. Глубина залегания 2500—2800 м, средняя мощность продуктивной зоны 10—24 м, средняя пористость 7—9%.

4. Верхнедевонские (франские) рифы Вудбенд (Ледюк) и связанные с ними отложения Винтерберн (Ниску). Доломитизированные ледюкские рифы обычно расположены среди глин, рифоподобных известняков и доломитов (Кукинг Лейк). Все рифы доломитизированные, за исключением самого крупного месторождения этой группы Редуотер, которое связано с известняковым рифом. Рифы обычно перекрываются доломитами Ниску. Основная масса углеводородов приурочена к формации Ледюк, однако значительные запасы были обнаружены и в перекрывающей формации Ниску, где развиты складки уплотнения. Рифы группируются в две линейные зоны: Римбей-Сент-Альберт и Вимборн. Наиболее значительные месторождения: Редуотер (нефть 100 млн. т), Бони-Глен (нефть 55 млн. т), Ледюк-Вудбенд (нефть 43 млн. т), Голден-Спайк (нефть 37 млн. т), Визард-Лейк (нефть 36 млн. т), Фенн-Биг-Валли (нефть 35 млн. т), Старджеон-Лейксаус (нефть 19 млн. т), Вестроуз (нефть 15 млн. т), Ачесон (нефть 15 млн. т), Вестроуз-Саус (газ 39 млрд. м³). Первое крупное открытие было сделано в 1947 г. Глубины залегания 950—2600 м, средние мощности продуктивной зоны 25—125 м, средняя пористость 4—10%.

Существуют определенные закономерности в распространении рифовых массивов верхнедевонского возраста. Среди отложений этого возраста в Западной Канаде четко выделяются две формации: карбонатные — платформенные и глинистые — открытого моря. Граница между ними имеет весьма извилистые очертания, и рифовые тела явно тяготеют к пограничным областям, причем к районам с наиболее извилистым положением границы.

Верхнедевонские литологические залежи. К югу и северу от Калгари была обнаружена серия ловушек, связанных с замещением пористых доломитов формации Вабамун (фамен) на плотных доломиты и ангидриты. Наиболее значительные месторождения: Кроссфилд (газ 25 млрд. м³) и Восточный Кроссфилд-Ист (газ 17 млрд. м³). Первое крупное открытие было сделано в 1954 г. Глубина залегания 2500—2700 м. Средняя мощность продуктивной зоны 13—20 м. Средняя пористость 6%.

Стратиграфические залежи, связанные с домезозойским несогласием. В Западной Канаде устанавливается крупное региональное несогласие, благодаря которому на востоке меловые отложения перекрывают девонские.

При движении на запад последовательно появляются более молодые палеозойские отложения, которые соответственно перекрываются породами мела, юры и триаса. Встречены три типа залежей.

1. На площади Мартен-Хиллз обнаружена одна крупная ловушка, связанная с верхнедевонским палеоподнятием, где формация Вабамун (верхний девон) непосредственно перекрывается меловыми песками. Здесь обнаружена массивная залежь газа — единая для верхнего девона и мела. Запасы газа месторождения Мартен-Хиллз (открыто в 1961 г.) 35 млрд. м³, глубина залегания залежи 800 м, средняя мощность продуктивной зоны 24 м, средняя пористость 20%.

2. Стратиграфические ловушки, связанные с нижнекарбоновой (миссисипской) поверхностью размыва, по которой устанавливаются эрозионные выступы. В пределах провинции Альберта проницаемые доломиты и доломитовые известняки, с которыми связаны залежи, заключены между нижнекарбовыми плотными известняками или глинами и меловыми или юрскими глинами. Главная продуктивная зона протягивается от Калгари до Эдсона. Она связана с полосой, где поверхность домезозойского размыва слагается формацией Тернер Валли. Месторождения нефти имеют небольшие запасы. Наиболее крупные месторождения газа: Эдсон (запасы 55 млрд. m^3), Кроссфилд А (запасы 29 млрд. m^3), Харматан-Ист (запасы газа — 28 млрд. m^3 , нефти 9 млн. т), Харматан-Эльктон (запасы газа 27 млрд. m^3 , запасы нефти 7 млн. т), Карстэрс (запасы газа — 25 млрд. m^3). Первое крупное открытие было сделано в 1955 г. Глубины залегания залежей 2450—2700 м. Средние мощности продуктивной зоны 7—20 м. Средняя пористость 9—14%.

3. Залежи, близкие по своему строению предыдущей группе; разница заключается в характере подстилающих (эвапориты) и перекрывающих (триасовые красноцветы) пород. Развиты в провинции Саскачеван. Наиболее крупные месторождения: Вейбурн (нефть 46 млн. т), Стилмен (нефть 32 млн. т), Мидейл (нефть 16 млн. т). Первое крупное открытие было сделано в 1953 г. Глубина залегания залежей 1400 м, средняя мощность продуктивной зоны 10—12 м, средняя пористость 16—17%.

Стратиграфические и литологические залежи, связанные с выклиниванием среднекарбово-юрского комплекса. В этом стратиграфическом интервале были найдены залежи с небольшими запасами. Триасовые ловушки фиксируются на площадях к северу от Пис-Ривер в Британской Колумбии. Они связаны: 1) с выклиниванием песков над поверхностью несогласия, 2) с изменениями пористости в верхнетриасовых карбонатах. На месторождении Джилби (Альберта) газ аккумулировался в юрских песках, которые заполняют понижения размытой поверхности нижнего карбона (Пекиско). В зоне Доллард (провинция Саскачеван) юрские известняки и песчаники, являющиеся коллекторами, содержат рукавообразные залежи, врезанные в более древние юрские породы и перекрываемые также юрскими глинами.

Залежи в терригенных породах центральной части впадины Внутренних равнин. Здесь выделяются две группы залежей.

1. Сравнительно небольшие скопления были обнаружены над поверхностью домелового несогласия в базальных песчаниках нижнего мела или несколько выше по разрезу. Все ловушки так или иначе связаны с поверхностью несогласия. В более высокой части разреза нижнего мела наблюдается выклинивание песчаных пластов в формациях Нижнее Колорадо и Викинг. Все залежи нефти, связанные с этой группой, за исключением одной (Джоаркам 12 млн. т), имеют запасы менее 10 млн. т. Наиболее крупная газовая залежь Цесфорд имеет запасы 35 млрд. m^3 . Глубина залегания 600—1400 м, средние мощности продуктивной зоны 2—15 м, средняя пористость 13—29%.

2. Крупные скопления углеводородов были обнаружены в верхнемеловых песчаниках. Это самое крупное в Западной Канаде месторождение нефти — Пембина (запасы 225 млн. т), и месторождение газа — Медисин-Хэт (запасы 57 млрд. m^3). Они связаны с литологическими ловушками — замещением песчаников глинами. Месторождения были открыты: Медисин-Хэт в 1904 г. и Пембина в 1953 г. Средние глубины залегания 300 и 1550 м. Средние мощности продуктивной зоны 3 и 7 м, средняя пористость 21,5 и 14,7%.

Структурные ловушки. В пределах Южной Альберты в районе предгорий наблюдается большое разнообразие от простых до сложных, нарушенных разрывами, антиклиналей. Основным продуктивным горизонтом являются доломиты формации Тернер Валли (нижний карбон). В пре-

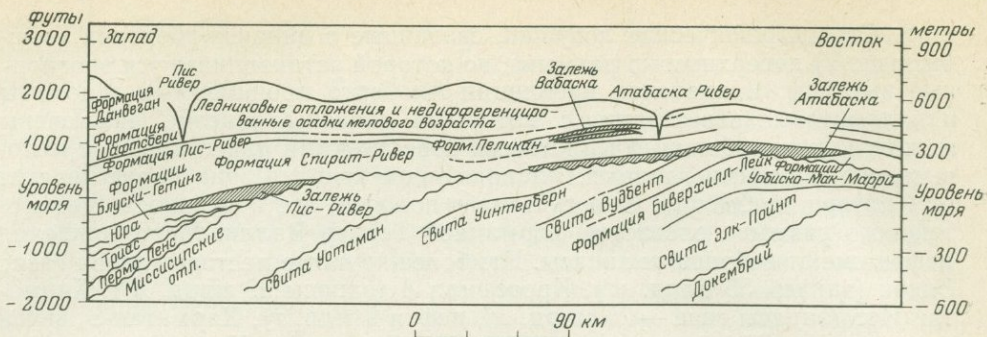


Рис. 3. Схематический геологический разрез, показывающий размещение битуминозных песков Атабаска и Вабаска (по Дж. Пау, Г. Фейрбэнкс и У. Замора)

делах Северной Альберты коллекторские свойства нижнекарбонных отложений значительно ухудшаются. Здесь в районе между Атабаской и Пис-Ривер не установлено сколько-нибудь значительных скоплений нефти. К северу от Пис-Ривер в предгорьях фиксируются также только небольшие залежи. В самой северной части Британской Колумбии, вдоль границы с территорией Юкон, появляются залежи газа, связанные со структурными ловушками в нижнем и среднем девоне.

Месторождения этой группы газовые, за исключением Тернер Валли, где запасы нефти составляли 16 млн. т. Наиболее крупные газовые месторождения: Уотертон (запасы 61 млрд. м³); Джампинг-Паунд-Вест (запасы 27 млрд. м³), Уайлдкэт Хиллз (запасы 20 млрд. м³).

Первое крупное открытие было сделано в 1924 г. Глубина залегания 2500—3600 м, средние мощности продуктивной зоны 38—115 м, средняя пористость 3—8% (на Тернер Валли 11,6%).

Вышеперечисленный обзор основных типов месторождений Западной Канады показывает их значительное разнообразие как по стратиграфической приуроченности, так и по характеру вмещающих залежи ловушек. Обращает на себя внимание большое число ловушек неструктурного типа, в том числе содержащих крупные залежи.

Весьма разнообразен также характер флюидов. Устанавливается очень широкий диапазон колебания плотностей нефти от 0,945 до 0,810.

Наиболее тяжелые нефти приурочены к нижнемеловым терригенным отложениям Внутренних равнин. В этом районе отдельные нижнекарбонные залежи также характеризуются тяжелыми нефтями. Растворенный газ преимущественно метанового состава, с низким содержанием этана и высших соединений, средним содержанием азота, с низким содержанием (до нулевых) сероводорода и двуокиси углерода. Минерализация вод обычно менее 35 г/л, а местами даже менее 10 г/л.

В сторону предгорий нефти становятся легче. В растворенном газе уменьшается содержание метана и азота, увеличивается содержание тяжелых углеводородов, двуокиси углерода и сероводорода. Минерализация вод значительно увеличивается и местами достигает 200 г/л.

В свободном газе уменьшается общее количество углеводородов и метана при движении от неглубокозалегающих залежей Внутренних равнин в сторону предгорий, где устанавливается более глубокое залегание продуктивных горизонтов. В этом же направлении резко увеличивается содержание сероводорода до 20% (объемных) в наиболее глубоких залежах Внутренних равнин и предгорий. В небольшом месторождении Пайтер-Ривер (девон) содержание сероводорода доходит до 86%.

В маршрут экскурсии входило посещение месторождения битуминозных песчаников Атабаска (форт Мак-Марри, северо-восточная часть

штата Альберта). В региональном плане залежи нефтяных песков северо-восточной части провинции Альберта занимают определенное место. В направлении с запада на восток при движении от Скалистых гор в сторону Канадского щита происходят значительные изменения в разрезе осадочного чехла. Наблюдается постепенное сокращение разреза (рис. 3). Если в пределах предгорий наиболее значительные размывы фиксируются в подошве верхнего девона, юры, нижнего мела и палеогена, то в северо-восточной части провинции Альберта выделяются два основных размыва: в подошве среднего девона, по которому палеозойские осадки перекрывают докембрийские породы кристаллического основания и в подошве нижнего мела, по которому осадки нижнего мела на расстоянии всего 15 км последовательно перекрывают юру, нижний карбон и верхний девон. Непосредственно над поверхностью этого несогласия залегают толща речных песков, насыщенных на большом протяжении тяжелой нефтью. В настоящее время обнаружено несколько районов значительного развития этих песков: 1) р. Атабаска, у восточного края района расположен Форт-Мак-Марри, 2) р. Пис-Ривер, 3) Буффало-Хед-Хиллз. Кроме того, в юго-западной части района Атабаски пески, насыщенные тяжелой нефтью, были встречены в более высокой части разреза нижнего мела (отложения Вабаска).

Суммарные запасы нефти в нефтяных песках в Западной Канаде оцениваются в 47,7 млрд. т.

В районе форта Мак-Марри, где нефтяные пески залегают либо на поверхности, либо на небольшой глубине, осуществляется открытая разработка этих песков, причем суточная добыча нефти достигла 10 тыс. т. Нефть здесь асфальтовая и содержит в больших количествах серу, азот и кислород. Удельный вес нефти колеблется от 1,03 до 0,945, вязкость — от нескольких единиц до нескольких сот сантипуаз. По мере погружения увеличивается парафиновая часть в нефти при соответствующем уменьшении ее удельного веса.

Мощность песков колеблется от 0 до 90 м. Геологические запасы тяжелой нефти в пределах опытного участка оцениваются в 100 млн. т. При переработке нефтенасыщенных песков на заводе коэффициент очищения песков достигает 0,92.

В отношении происхождения гигантских скоплений тяжелой нефти в северо-восточной части провинции Альберта у канадских геологов существует несколько точек зрения: 1) нефть мигрировала из подстилающих нижний мел девонских отложений; имеется мнение, что эта миграция произошла одновременно с накоплением нижнемеловых осадков и нефть попадала непосредственно в бассейн седиментации, где она потеряла легкие фракции; 2) имела место дальняя латеральная миграция из пределов центральной части впадины Внутренних равнин в сторону регионального подъема пород. Как материнские породы рассматриваются нижнемеловые и верхнемеловые отложения, с последующей вертикальной миграцией вниз в нижнемеловые отложения; 3) нефть на Атабаске образовалась из органического вещества, которое отложилось в раннемеловых дельтовых песках, илах и глинах. Легкие фракции выделялись в атмосферу, ибо коллектора речных песков не были быстро перекрыты непроницаемыми отложениями.

Сравнивая полученные данные о геологическом строении распределения месторождений нефти и газа в Западной Канаде с данными по нефтегазоносности соответствующих регионов СССР, можно сделать следующие выводы.

1. По аналогии с предгорьями Скалистых гор по западному склону Урала можно ожидать наличие значительных по запасам месторождений нефти и газа, приуроченных к платформенным карбонатным палеозойским отложениям поднадвиговых зон. Следует рассмотреть вопрос о применении КМПВ для выявления этих ловушек наряду с используемым

в настоящее время методом отраженных волн. Этот же вопрос следует рассмотреть для района Предкарпатского прогиба.

2. В настоящее время в пределах Волго-Уральской нефтяной области уже получены данные о наличии нефти в ловушках, связанных с изменением коллекторских свойств верхнедевонских карбонатных пород. В районе Калгари на том же стратиграфическом уровне (фамен) имеются залежи, преимущественно газа с запасами до 25 млрд. м³, связанные с замещением пористых доломитов на плотные. Таким образом эти ловушки могут содержать средние по запасам залежи и в условиях Волго-Уральской провинции представляют значительный интерес.

3. В мезозойских отложениях молодых платформ СССР и в первую очередь в Предкавказье в настоящее время основные усилия по поискам залежей, связанных с неантиклинальными ловушками, направлены на выявление стратиграфических залежей. В Западной Канаде самое крупное по запасам нефти месторождение Пембина приурочено к литологической ловушке (замещение песчано-алевролитовых коллекторов глинами). Развитие региона Внутренних равнин в меловое время, к осадкам которого приурочено это месторождение, во многом сходно с историей молодых платформ СССР, поэтому и здесь можно ожидать развитие ловушек подобного типа. В отличие от ловушек стратиграфического типа, которые локализируются на бортах значительных внутриплатформенных поднятий (своды, валы), ловушки типа Пембины будут тяготеть к центральным частям впадин, причем к тем ее районам, которые имели широкий шельф, уходящий далеко в сторону открытого моря от береговой зоны, образованной геосинклинальными или эпиплатформенными поднятиями.

Литература

- Вебер В. В., Горская А. И. Битуминообразование в пресноводных осадках.— Геология нефти и газа, 1963, № 4.
- Еременко Н. А. Геология нефти и газа. Изд-во «Недра», 1968.
- Klemme H. D. The giants and the supergiants.— Oil and gas journal, 1971, no. 9—11.
- Whitehead E. V. Molecular evidence for the biogenesis of petroleum and natural gas. Proc. of the Inter. Conf. on Hydrogeochem. and Biogeochem (Tokyo, September, 1970). Tokyo, 1972.

В. И. Смирнов

РУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

XXIV сессия Международного Геологического Конгресса изобиливала новейшей информацией по геологии рудных месторождений, исходившей непосредственно от исследователей рудных месторождений многих стран, в том числе исследователей первоклассных, информацией, представляющей в своей существенной части глубокий научный и практический интерес.

Эта информация поступала по четырем каналам:

1) при кулуарных встречах, составляющих важную часть любого международного совещания, 2) при обсуждении докладов на заседаниях секции, посвященной минеральным месторождениям, 3) на научно-организационных совещаниях Международной Ассоциации по генезису рудных месторождений, 4) во время экскурсий с осмотром наиболее известных рудных месторождений Канады.

В кулуарах совещания было с кем поговорить, так как для геологов-рудников сессия была весьма представительной. От Канады присутствовала большая группа геологов во главе с Президентом Конгресса Р. Фолинсби. Достаточно крупной была делегация США, в которую входили Дж. Ридж, Е. Ингерсон и другие лица. Из Франции приехал А. Бернард, Г. Дейша, из Англии К. Данем, из Италии П. Зуффарди, из Испании Д. Сиерра, из Швеции Е. Грип, Г. Каутский, из Финляндии А. Миккола, Г. Гаал, из ФРГ А. Маухер, Г. Вальтер, из Японии Т. Ватанабе, из Мексики Дж. Салас, из Австралии, где в 1976 г. состоится следующая сессия МГК, прибыл Н. Фишер и многие другие исследователи из этих и других стран. Значительными были группы геологов из стран социалистического лагеря. Из ГДР прибыл Г. Тишендорф, из Венгрии Г. Грасселли, из Болгарии Б. Богданов, М. Желязкова-Панайотова, из Польши Е. Константинович, И. Смолярская, из Румынии В. Янович, из Чехословакии М. Ванечек, из Югославии С. Янкович, М. Петкович и десятки других лиц, перечислить которых здесь невозможно. Все, кто интересовался, могли узнать последние новости о состоянии известных рудных месторождений, об открытии новых месторождений о последних фактах и тенденциях научной мысли.

Секция по минеральным месторождениям

Заседание секции по минеральным месторождениям было длительным, многолюдным и оживленным. Оно продолжалось семь дней и протекало обычно в переполненной аудитории. В его повестку было включено 69 докладов, из которых 61 доклад был заслушан, а 8 не состоялось из-за отсутствия авторов. В том докладов и в книгу тезисов докладов, напечатанных до конгресса, было включено гораздо больше материалов, подготовленных к сессии, чем было доложено. Если учесть, что советские

геологи издали специальную книгу по геологии рудных месторождений своей страны и опубликовали серию статей в наших журналах, то можно представить, сколь обильны были данные по рудным месторождениям, подготовленные к XXIV сессии МГК. Осветить их в полной мере совершенно невозможно и приходится это делать избирательно.

Было обнаружено, что волна увлечения металлогенией, заметно спавшая в нашей стране, только сейчас захватила геологов многих стран. Металлогенические доклады отражают разные подходы к анализу региональных закономерностей формирования и размещения рудных месторождений. Все еще существует элементарный метод статистического выделения площадей преобладающих типов месторождений без глубокого учета истории геологического развития и особенностей геологического строения территории. Отражением этого метода может служить доклад Дж. Габельмана и С. Крушевского, США (J. Gabelman, S. Krusiewski) о металлогении Европы, подвергшийся критике на совещании. Эти геологи выделяют на территории Европы рудные пояса, отмечая, что в их пределах температура образования руд увеличивалась по направлению к осям складчатых поясов, к тафrogenическим пересечениям и к вулканическим центрам; при наличии последующих интенсивных тектонических деформаций возможна ремобилизация рудного вещества и образование новых месторождений. С этих позиций охарактеризованы каледонские, герцинские и альпийские зоны Европы. Урал, например, рассматривается всего лишь как рудный пояс, возникший якобы при движении по направлению к консолидированной структуре Сибири.

Достаточно развиты методы западно-европейских геологов, выделяющих и описывающих структурно-металлогенические зоны или так называемые металлопояса. Их примером может служить доклад Д. Сиерры, А. Ортица и И. Буркхалтера, Испания (J. Sierra, A. Ortiz, J. Burkhalter) о металлогенической карте Испании масштаба 1 : 200 000. На 93 листах этой карты, по легенде, специально разработанной для анализа на ЭВМ, учтено около 8000 месторождений, размещающихся на площадях, выделенных по разным признакам для эндогенных и экзогенных рудных образований. Для эндогенных месторождений учитываются элементы догерцинской, герцинской и постгерцинской тектоники, магматизма и метаморфизма, а для экзогенных — признаки литологии и палеогеографии. Интересно, что так называемые стратиформные месторождения целиком отнесены ко второй группе. Близки к такой схеме металлогенического анализа подходы П. Лажника и Г. Вилсона, Канада (P. Laznick, H. Wilson), показавших, что месторождения меди тяготеют к эвгеосинклиналям, а месторождения свинца — к миогеосинклиналям и геоантиклинальным поднятиям.

Характерным примером металлогенического анализа с позиций школы советских геологов был доклад Е. Радкевич о металлогенической зональности в Тихоокеанском поясе.

М. Соломон, Д. Гравес, Дж. Кломинский, Австралия (M. Solomon, D. Groves, J. Klominsky) рассмотрели металлогению Тасмании в историческом аспекте и с учетом некоторых идей тектоники плит. Докладчики выделяют на территории Тасмании провинции распространения рудных месторождений домезозойской и мезозойской эпох. В пределах мезозойских провинций, составляющих основу геологии и металлогении Тасмании, намечаются области формирования и распространения рудных месторождений доорогенной стадии с базальтоидным магматизмом и орогенной стадии с гранитоидами. К интрузивным фациям первой стадии принадлежат магматические месторождения хромитов и платиноидов, к эффузивным — вулканогенные колчеданные месторождения полиметаллических руд. С гранитоидами связаны постмагматические месторождения медно-золотых, вольфрамовых и оловянных руд, размещенные в 21 субпровинции.

Новейшим идеям о раздвижении материков и плитовой тектонике в связи с металлогенной целиком был посвящен доклад П. Гильда, США (P. Guild). Из его доклада можно прийти к заключению, что для металлогенического анализа необходимо выделять области сжатия и растяжения. К областям сжатия относятся края континентальных плит. Наиболее благоприятны для эндогенного рудообразования борта континентальных плит с поддвигающимся под них веществом океанической коры. Здесь, в обстановке интенсивных магматических процессов глубинных и поверхностных фаций, формируются богатые рудные пояса. Неблагоприятны для рудообразования края двух соприкасающихся континентальных плит, но вместе с тем на прилегающих площадях в этой ситуации могут возникнуть металлогенические зоны, отвечающие областям платформенной активизации. К поясам растяжения принадлежат рифты. Они достаточно перспективны для эндогенного рудообразования, свидетельством чему может служить минерализация на дне Красного моря. Все эти закономерности описаны для постэоценового времени. Перенести их на металлогению мезозоя, палеозоя и более древнюю ни этому докладчику, ни другим исследователям пока не удается.

Дальнейшее изложение материалов секции целесообразно сгруппировать по некоторым, чисто условно намечаемым, типам рудообразования, выделив для этой цели месторождения магматические, колчеданные, медно-порфировые, пятиэлементные, стратиформные, метаморфогенные и экзогенные.

Магматическим месторождениям были посвящены доклады А. Налдретта, Канада (A. Naldrett) по Содбери, Т. Молине, Южная Африка (T. Molupеux) по бушвельдскому комплексу, Г. Гаала (G. Gaal) по Финляндии. Поскольку о Содбери речь пойдет ниже в связи с впечатлениями от его осмотра, скажем несколько слов о других докладах.

Т. Молине дал хороший обзор геологии и рудных месторождений бушвельдского комплекса по новейшим данным. При этом была показана связь пластовых залежей ванадийсодержащих титаномагнетитов, хромитов и платиноидов с раскристаллизацией магмы основной плутонической фазы на месте ее залегания. Медно-никелевые руды рифа Меренского образовались позднее при дополнительной инъекции из остаточного очага, богатого сульфидным расплавом. Еще позднее в связи с гранитной интрузией возникли месторождения олова и флюорита.

Г. Гаал показал, что положение ультраосновных массивов Финляндии, несущих медно-никелевые рудопроявления, отчетливо контролируется системой тектонических разломов.

Автору этой статьи приятно отметить, что все докладчики по колчеданным месторождениям с пониманием относятся к идее о их полигенном характере. Примером тому может служить доклад А. Джонсона, Канада (A. Johnson), о колчеданных месторождениях Кипра. Докладчик описал колчеданные образования этого острова, содержащие помимо массы пирита также марказит, сфалерит и халькопирит, связанные с офиолитами третичного вулканического комплекса Трудо. На основании геологических и геохимических данных он пришел к заключению, что пластовые залежи в основании вулканогенно-осадочной толщи Перапеди принадлежат к отложениям, выпавшим из вулканических осадков на дне моря, впоследствии преобразованным в массивную сульфидную руду. Сопровождающие их зоны вкрапленной руды в лавовых породах относятся к продуктам изменения этих пород под воздействием просачивавшихся сквозь них рудоносных эксгаляций. Такое же понимание колчеданных месторождений прозвучало в докладах Ж. Гинь и др., Франция (J. Guigues et al.), Л. Форсайта, Канада (L. Forsythe) по Саскачевану, М. Петковича, Югославия по Сенегалу.

Медно-порфировые месторождения прожилково-вкрапленных халькопирит-молибденитовых руд в гидротермально измененных породах, эко-

номическое значение которых для Америки все еще достаточно высоко, были охарактеризованы в докладах С. Титлея, США (S. Titley) Дж. Хайландса, Канада (J. Hylands), Дж. Саласа и других, Мексика (G. Salas). Общее заключение по этим докладам сводится к тому, что месторождения меднопорфировых руд обычно возникают не в одиночку, а в виде групп, часто вытянутых поясами. Они связаны с варьирующими по составу гранодиоритовыми интрузивами, но могут формироваться среди различных пород — материнских гранитоидов, а также их вулканогенного и осадочного обрамления. Эти месторождения сопровождаются отчетливыми ореолами гидротермально измененных пород — обычно щелочного и гидросиликатного состава, служащими хорошим признаком для их обнаружения и предварительной оценки.

Серия докладов была посвящена месторождениям так называемой пятиэлементной формации (серебро — висмут — кобальт — никель — мышьяк) и их аналогам. К ним принадлежит общий доклад К. Халла, Англия (C. Hall) и Е. Штумпела, ФРГ (E. Stumpel) об условиях образования этой рудной формации, а также доклады Д. Павлу по Йохимову, Чехословакия; В. Петрука по Кобальту, Канада (W. Petruk), Дж. Бэдема (J. Bodem) по Большому Медвежьему озеру, Канада, С. Скотта (S. Scott) по Сиско Металз, Канада, Г. Крутова по Хавуаксы, Тува (СССР). Часть докладов из-за отсутствия авторов не зачитывалась. Если доклады последних по этому списку авторов касались характеристики отдельных месторождений, то в сообщении К. Халла и Е. Штумпела поднималась общая проблема образования пятиэлементной формации. Они рассмотрели четыре возможных способа возникновения месторождений этой формации: 1) непосредственное гидротермальное образование из гранитных интрузий, 2) непосредственное гидротермальное образование из основных интрузий, 3) образование из растворов, поступающих по глубинным разломам непосредственно из мантии, 4) образование при метаморфизме богатых органикой осадков (черные сланцы) или массивных сульфидных руд. Большинство месторождений рассматриваемой формации, по их мнению, все же возникает при гранитоидном магматизме, хотя некоторые месторождения типа скандинавских или австралийских могли возникнуть вследствие метаморфизма.

Стратиформные месторождения привлекли особое внимание совещания. Им была посвящена серия сообщений, в том числе доклады Ж. Буа и других, Франция (J. Bouladon et al.) по свинцово-цинковым рудам французских Пиренеев, Е. Константиновича, Польша по медным месторождениям в пермских породах Западной Польши, И. Смолярской, Польша (I. Smolarskaj) по свинцово-цинковым месторождениям в триасе Силезии, Н. Скрипченко и В. Смирнова по месторождениям Советского Союза. Интересные данные по стратиформным месторождениям вольфрамовых (шеелитовых) руд в силуре Альп были продемонстрированы А. Маухером, ФРГ (A. Maucher). Всеобщий интерес вызвал доклад И. Смолярской. Внимательный анализ геологических данных, особенно исследование текстур и структур руд, привел ее к обоснованному заключению о длительном многоэтапном развитии стратиформных месторождений полиметаллических руд Силезии. Выделяется ранний этап образования сингенетических седиментогенных руд, последующее дробление и возникновение наложенных эпигенетических руд позднего этапа гидротермального характера. Эти данные превосходно увязываются с представлениями о длительном и полигенном характере развития ряда стратиформных месторождений Советского Союза.

Метаморфогенные месторождения были рассмотрены в аспекте изменения структуры, минералогии и геохимии рудного вещества в связи с региональным метаморфизмом, а также в связи с образованием скарновых месторождений, которые геологи Запада все чаще относят к метаморфогенным образованиям. Метаморфизм руд был освещен в докладах

Е. Изава и Х. Мукайямы, Япония (E. Izawa, H. Mukaiyama), Х. Цвейфела Швеция (H. Zweifel), И. Гасседанна, Бразилия (J. Cassedanne), А. Микколы и С. Вайсанена, Финляндия (A. Mikkola, S. Vaisanen). С интересными докладами о скарновых месторождениях Северной Рилы, Болгария, выступили М. Желязкова-Панайотова и др., а также о скарнах Майхуры в СССР В. Жариков и Д. Власова.

Осадочным месторождениям секция уделила, по сравнению с эндогенными образованиями, сравнительно мало внимания. Однако в ее программу были включены достаточно содержательные доклады А. Баззалини и других (A. Bozolini et al.) об уране в третичных песчаниках Вайоминга в США, П. Мак Гиана (P. McGeehan) о бокситах Австралии, Е. Ладейра и других (E. Ladeira et al.) о фосфоритах Минас Жераес в Бразилии, Р. Андерсона и др. (R. Anderson), Р. Маттюз (R. Matthews) о залежах калийных солей в силуре Мичигана, в США, И. Варенцова об условиях формирования железо-марганцевых руд в современных озерах на севере СССР.

Кроме того, внимательно были выслушаны доклады, касающиеся хотя и частных, но важных тем. Среди них могут быть отмечены доклады Г. Дзоценидзе о вулканогенно-осадочном образовании некоторых железорудных месторождений, И. Магакьяна о комплексах рудных формаций на территории Советского Союза, Г. Твалчрелидзе и В. Буадзе о соотношении медно-пирротиновых и колчеданно-полиметаллических руд Кавказа, В. Казанского о вариациях структур рудоносных разломов в кристаллическом фундаменте платформ, А. Бернарда, Франция (A. Bernard) о рудообразовании в связи с карстом, Г. Тишендорфа и других, ГДР (G. Tischendorf и др.) о геохимической специализации гранитоидов на территории ГДР; Г. Вальтера и А. Цитцманна, ФРГ (G. Walther, A. Zitzmann) о металлогенической карте по железу Европы, М. Ванечка (Чехословакия) и А. Акифа, Ирак (Akifa) о геологической позиции рудных месторождений Северного Ирака — Курдистана, С. Янковича (Югославия) о рудной минерализации на Исландии и другие сообщения.

Международная ассоциация по генезису рудных месторождений

Во время XXIV сессии МГК активно действовали две группы Международной Ассоциации по генезису рудных месторождений — комиссия по исследованию флюидных включений в породообразующих и рудообразующих минералах и рабочая группа по марганцевым месторождениям.

Комиссия по исследованию включений в минералах работала под руководством ее вице-президента Е. Реддера (США), генерального секретаря Г. Дейша (Франция), в присутствии Е. Лазько, представлявшего президента комиссии Н. Ермакова (СССР). В программу научного симпозиума этой комиссии было включено около 30 докладов, отражающих разносторонние проблемы, анализируемые при изучении микроскопических включений породообразующих и рудообразующих веществ, законсервированных в минералах. Несколько докладов было посвящено исследованию включений в породообразующих минералах и осадочных пород, в том числе пород Луны и метеоритов. Некоторые сообщения касались результатов изучения включений из пегматитов, силикситов и карбонатитов, а также высоко-, средне- и низкотемпературных гидротермальных месторождений. Демонстрировались данные о составе включений и вытекающие из них суждения о физико-химических условиях возникновения эндогенных рудных месторождений. Освещались возможности исследования газовой-жидких включений при поисках минерального сырья.

Рабочая группа по месторождениям марганца действовала под председательством ее президента Г. Грасселли (Венгрия) и секретаря И. Варенцова (СССР). Доклады, рассмотренные группой, объединяются в три главные темы. Первая тема касается характеристики отдельных стран и районов; в данном случае это были доклады о марганцевых месторождениях Мексики, Бразилии, Индии и других стран. Ко второй теме относятся доклады по метаморфизму марганцевых месторождений, среди которых основным был доклад С. Роя (S. Roy) из Индии — страны классических метаморфических месторождений марганцевых руд. К третьей теме принадлежали сообщения о марганцевых стяжениях (нодулях), общую характеристику которых дал Р. Сорем (R. Sorem).

Собирал свою группу по генезису рудных месторождений как основе для их разведки и оценки ее президент С. Янкович (Югославия).

На заседаниях Исполкома Ассоциации и ее ассамблее была заслушана информация о деятельности Ассоциации и входящих в нее комиссий и рабочих групп и произведены перевыборы руководства. Президентом Ассоциации избран Т. Ватанабе (Япония), вице-президентами Дж. Ридж (США) и И. Костов (Болгария), на должность генерального секретаря переизбран М. Ванечек (Чехословакия). Л. Овчинников избран куратором для стран Европы. Было подтверждено, что следующий научный симпозиум Ассоциации состоится в Болгарии осенью 1974 г.

Экскурсии

Конгрессу сопутствовали геологические экскурсии, проходившие как до его заседаний, так и после. Из общего количества около 70 маршрутов по разным районам страны, по крайней мере семь экскурсий были посвящены ознакомлению с рудными месторождениями Канады. Они были связаны с посещением Содбери, медных и молибденовых месторождений Западных Кордильер, главнейших свинцово-цинковых месторождений на западе Канады, колчеданных месторождений в докембрийском щите, рудных месторождений Квебека, карбонатитов Южного Онтарио и урановых месторождений Канады.

Содбери. Это месторождение мы осматривали в течение пяти дней под руководством большой группы канадских геологов. Как известно, оно приурочено к овальной формы массиву габбро-диоритов, внедрившемуся между отложениями гуронской и вайтвотерской групп протерозоя и имеющему возраст 1,7 млрд. лет. Массив вытянут в длину на 60 км, в ширину на 25 км. По его периферии размещено несколько десятков магматических сульфидных медно-никелевых месторождений, разрабатываемых на 20 рудниках. В истории геологического развития территории Содбери в послепалеозойское время выделяются ранний период накопления конгломератов, кварцитов и аркозов гуронской толщи, ранняя складчатость, сопровождавшаяся внедрением гранитов и диабазов (2150 млн. лет), период накопления аркозов и граувак вайтвотерской группы, гудзонский орогенный период внедрения рудоносной основной магмы (1700 млн. лет) с последующей гранитной и, наконец, еще более поздней диабазовой интрузией (1600—1280 млн. лет). В течение длительного метаморфизма все породы района достигли зеленокаменной и алмадин-амфиболовой фации преобразования. В настоящее время существует устойчивое мнение о ликвационно-магматическом происхождении руд Содбери. Однако представления о его структуре существенно различаются. Наряду с традиционным мнением о внедрении рудоносной интрузии на пересечении двух систем региональных разломов появилась оригинальная гипотеза о метеоритном происхождении структуры Содбери. По этой гипотезе она возникла вследствие падения на Землю огромного астероида, образовавшего воронку шириной в 50 км,

глубины в 3 км, раздробившего подстилающие ее породы и открывшего путь для подъема рудоносной магмы из глубин Земли. В пользу этой гипотезы приводятся следующие, продемонстрированные участникам экскурсии, доводы: 1) морфология структуры, сходная с метеоритными кратерами Луны (астролема), 2) наличие специфических брекчий и трещиноватых пород, окаймляющих массив Содбери, 3) наличие среди пород, обрамляющих массив, характерных конусных структур, сходных с аналогичными структурами, возникающими при мгновенных нагрузках взрывов, 4) обнаружение в породообразующих минералах этих пород структур типа шокового метаморфизма, обычно возникающих при атомных взрывах. Надо прямо сказать, что демонстрация всех этих фактов, особенно явлений типа шокового метаморфизма, производит сильное впечатление. Анализу этих наблюдений посвящена специальная статья, которая напечатана в одном из выпусков журнала «Геология рудных месторождений». Помимо Содбери были осмотрены также медно-никелевые месторождения пояса Томсон в Манитобе.

Среди медно-молибденовых месторождений осматривавший их Н. Скрипченко выделяет Эндако в качестве наиболее представительного.

Эндако. Это месторождение находится на территории Британской Колумбии в 185 км западнее города Принц-Джордж. Оно является крупнейшим производителем молибдена в Канаде и вторым по величине в капиталистическом мире (после Клаймекса в США). Месторождение относится к прожилково-вкрапленному типу и залегает в интрузиве кварцевых монзонитов (возраст 137—141 млн. лет). Месторождение найдено в 1927 г., разведано в 1962 г., введено в эксплуатацию в 1964 г. Запасы руд на 1971 г. составили 210 млн. т руды со средним содержанием молибдена 0,15%.

Эндако приурочено к Топлейскому гранитоидному батолиту, в составе которого выделяются граниты, гранодиориты, кварцевые монзониты, диориты. Батолит формировался в 9 стадий в течение 40 млн. лет. Ранние дериваты в основном габброидные и монзонитовые, поздние — преимущественно кислые и щелочные. Месторождение занимает центральную позицию в батолите и локализовано в древнейших кварцевых монзонитах.

Рудное тело Эндако — эллипсоидально удлиненный штокверк преимущественно широтных рудных жил, эшелонированных в виде единой зоны северо-западного простирания. Тело имеет 3500 м по простиранию и 380 м в ширину на поверхности. На глубину штокверк погружается под углом 50° к югу; оруденение на глубину наблюдается до 30 м в восточной и более 300 м в западной части. Штокверк пересечен группой поперечных дорудных даек аплита и монзонит-порфира и послерудных даек базальта. Комбинация даек и удлиненного рудного штокверка весьма напоминает структуру медно-молибденового месторождения Каджаран в СССР.

Формирование структуры Эндако многоэтапное. С первым этапом связано образование крупных сдвиговых разломов, ограничивающих месторождение на флангах, со вторым — некоторый поворот регионального стресса, вследствие чего в блоке, ограниченном сдвигами, возникла система трещин скальвания, вместивших дорудные дайки, в третий этап произошло формирование трещинных систем, выполненных рудными жилами. Эти системы являются оперяющими трещинами, возникшими в висячих блоках основных сдвигов в наиболее позднюю стадию тектонических подвижек.

Минеральный состав месторождения сравнительно прост. Распространенные рудные минералы — молибденит, пирит и магнетит, небольшую роль играют халькопирит, сфалерит, борнит, спекулярит и шеелит, редко встречается берилл. Молибденит наблюдается преимущественно в жильных образованиях двух типов: в крупных жилах мощностью от

15 до 120 см, где он слагает швы «сухого» молибденита в полосчатом агрегате кварца и в мелких прожилках, образующих штокверки вокруг мощных жил. Околорудные изменения монцонитов представлены калишпат-биотитовыми, серицитовыми и каолинитовыми зальбандами рудных жил. В развитии рудного штокверка насчитывается пять стадий. Первые три стадии несли молибденитовое, магнетитовое, пиритовое и халькопиритовое оруденение. Две последние стадии характеризуются выделением пирита, спекулярита, кальцита, кварца и халцедона.

Из полиметаллических месторождений запада Канады наши геологи (В. Барсуков, Г. Дзоценидзе, Ш. Есенов, Г. Твалчрелидзе, Н. Шило, Д. Щеглов и др.) осматривали Салливан и Пайн Пойнт.

Салливан. Это знаменитое и давно известное свинцово-цинковое месторождение Британской Колумбии расположено среди нижнепротерозойских сланцев формации Олдридж, сложенной метаморфизованными аргиллитами и кварцитами мощностью до 4500 м, интенсивно дислоцированными и прорванными меловыми кварцевыми диоритами. Ежегодно на Салливане добывается 6,5 млн. т руды с высоким содержанием свинца и цинка, а также олова. Рудные тела залегают согласно с аргиллитами при мощности до 60—90 м. Вдали от мезозойских интрузивов они имеют простой пирит-сфалерит-галенитовый состав, пластовую форму, слоисто-ритмичное сложение, свидетельствующее об их осадочном, вероятно, гидротермально-осадочном образовании. По мере приближения к мезозойскому интрузиву рудные тела дислоцируются, приобретают более сложный минеральный состав за счет вхождения в него турмалина и касситерита, становятся интенсивно метаморфизованными и перекристаллизованными.

Вопросы генезиса месторождения Салливан до последнего времени оставались полемичными. Если ранее, когда общепринятой являлась гипотеза эпигенетичного гидротермального происхождения оруденения, неясной оставалась причина послойного распределения руды в сланцах, то в настоящее время все внимание местных геологов обращено к сингенетичной гипотезе. Вместе с тем предположению об образовании руды нормальным осадочным путем противоречат данные определения изотопного состава свинца и серы в рудах, а также наличие гидротермальных изменений вмещающих пород, особенно в лежащем боку залежи. Поэтому большинство геологов склонны разделить мнение о первоначальном гидротермально-осадочном происхождении свинцово-цинковых рудных тел в протерозойское время, дальнейшем изменении их под влиянием метаморфизма и последующем наложении высокотемпературного турмалин-касситеритового минералообразования, связанного с меловыми гранодиоритами.

Пайн Пойнт. Стратиформное свинцово-цинковое месторождение Пайн Пойнт расположено на южном берегу оз. Грейт-Слейв между реками Буффало и Литл Буффало. По характеристике Г. Твалчрелидзе и др. наших геологов, оно приурочено к пологоскладчатым, почти горизонтально залегающим доломитам девона, слагающим осадочный чехол докембрийского кристаллического Канадского щита. На площади рудного поля размером 48×10 км находится около 40 рудных тел. Они залегают в кавернозных пористых доломитах, подстилаемых горизонтом эвапоритов и перекрываемых сланцами. Доломиты образовались в результате доломитизации известняков при температуре около 100°.

Минеральный состав руд весьма прост: галенит, сфалерит, пирит, марказит, доломит, кальцит, реже — селенит, целестин, сера, битумы. В отдельных рудных телах сосредоточено от нескольких сотен до нескольких миллионов тонн руды. Общие запасы оцениваются в 43,5 млн. т руды со средним содержанием свинца 2,5% и цинка 6,0%. Поскольку изотопными исследованиями установлен возраст оруденения 250—275 млн. лет, то канадские геологи относят Пайн Пойнт к эпигенетиче-

скому типу, источник металлов считают ювенильным, а в переносе и отложении сульфидов большую роль отводят эвапоритам и биогенной сере океанического происхождения.

Колчеданные месторождения встречались в ряде геологических экскурсий. Ниже, по данным Н. Скрипченко и Г. Твалчрелидзе, приведены краткие сведения по двум из них.

Британия. Это месторождение расположено в 40 км севернее города Ванкувера. Оно залегает в толще андезито-дацитовых вулканитов и флишоидных осадков, образующих гигантский останец в многофазно развивавшемся гранодиоритовом батолите берегового пояса Кордильер. Возраст батолита 92 млн. лет, возраст вулканогенно-осадочных пород определен как юрский. Породы ксенолита собраны в опрокинутые складки.

Выявленные рудные тела приурочены к круто залегающей зоне рассланцевания мощностью около 800 м. Главную роль среди рудовмещающих пород играют туфы дацитового и андезитового состава, а также «черные» алевропелиты. Суммарная мощность туфогенно-осадочных пород составляет 300 м. В границах зоны эти породы интенсивно рассланцованы и превращены в хлоритовые и серицитовые сланцы. Рудные тела Британии представлены массивными и прожилково-вкрапленными рудами. Как в типичных колчеданных месторождениях, минеральный состав этих руд сравнительно прост: главный минерал — пирит, подчиненные — халькопирит, сфалерит и барит, примеси — галенит, теннантит, тетраэдрит. По минеральному составу руды делятся на пять разновидностей: 1) сфалерит-баритовые, 2) пирит-халькопиритовые, 3) пирит-сфалерит-халькопиритовые, 4) кварц-пирит-халькопиритовые и 5) ангидрит-баритовые. По данным рудничных геологов, линзы массивных руд имеют согласное залегание и со стороны лежащего бока подстилаются воронкообразными телами прожилково-вкрапленных руд. В кровле и на флангах рудных линз отмечаются яшмоидные осадки, а также ореолы сульфатной минерализации.

Условия локализации руд Британии оспариваются с двух точек зрения. По первой считается, что руды локализовались в предварительно рассланцованной складчатой толще. Ее главным аргументом, согласно А. Брауну, является приуроченность всех известных рудных тел к зоне рассланцевания. Вторая точка зрения сингенетичного гидротермально-осадочного происхождения рудных тел отстаивается группой рудничных геологов. Ими приведен ряд признаков деформации руд, одновременной с рассланцеванием пород. Участникам экскурсии были продемонстрированы примеры асимметричной поперечной к слоистости зональности рудных тел следующего типа (снизу вверх по разрезу): прожилково-вкрапленные руды; массивные пирит-халькопиритовые руды; сфалерит-пиритовые массивные руды; темно-серые филлиты и яшмовидные осадки. Как справедливо полагают сторонники сингенетичного происхождения, здесь имеется широкий комплекс признаков, позволяющих сравнивать месторождение Британии с типичными колчеданными месторождениями СССР, Японии и других районов.

Энвил. Колчеданно-полиметаллические месторождения Энвил, Фарро и другие расположены на территории Юкона. Оруденение приурочено к филлитам кембрия, прорываемым меловым интрузивом гранодиорит-монцитонитового состава. На западе осадочная толща нижнего палеозоя сложена биотит-андалузитовыми, а на востоке, где степень метаморфизма уменьшается, хлоритовыми сланцами.

На месторождении известно три рудных тела. Суммарные запасы по ним составляют 63,5 млн. т руды, содержащей в среднем 3,4% свинца, 5,7% цинка, 0,16% меди и около 32 г/т серебра. Расстояние между рудными телами около 150 м, длина их по простиранию соответственно 720, 700 и 365 м, мощность от 18 до 90 м. Они согласны с вмещающими поро-

дами и имеют форму плитообразных и линзообразных залежей, окруженных чехлом вторичных кварцитов. На границе с интрузивом, секущим рудные тела, развиты контактовые роговики. Состав руд прост: пирит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит, марказит, магнетит, теграэдрит, арсенопирит, ковеллин. Сульфидами сложено 85% массивных руд и 15% — кварцем. Из сульфидов на долю пирита приходится 70%. Канадские геологи относят месторождение к сингенетичному с осадконакоплением типу и связывают его образование с геосинклинальным вулканизмом. В последующее время рудные тела испытали региональный и контактовый метаморфизм. Кроме этих двух, колчеданные месторождения были осмотрены также в районе Флин Флон и Фокс Лейн. Участники экскурсии в Аппалачах познакомились с колчеданным месторождением Куира-д-Эстри.

Карбонатиты. Карбонатитовые массивы известны в юго-восточной части Канадского щита в провинциях Онтарио и Квебек. Они локализируются в пределах трех крупных геологических структур. Участники геологической экскурсии посетили массивы района оз. Ниписсинг, а материалы по двум другим районам были просмотрены в университете г. Торонто. Результаты этого ознакомления следующим образом систематизированы В. Кононовой.

Первый район относится к области сочленения Канадского щита и Аппалачских гор, осложненной системой рифтов Св. Лаврентия, в западной краевой части которой расположен карбонатитовый массив Ока и связанное с ним крупнейшее в Канаде ниобиевое месторождение. Массив Ока с абсолютным возрастом 117 млн. лет (по К-Аг-изохронному методу) прорывает гренвильские гнейсы и анортозиты. Он имеет овальную форму ($7,23 \times 2,4$ км) и состоит из двух сочлененных кольцевых структур. Более половины поверхности массива сложено карбонатитами, развиты также породы окаит-якупирангитовой, ийолит-уртитовой серий и алькоиты. Карбонатиты подразделены по минеральному составу на девять типов, среди которых преобладают грубозернистые кальцитовые карбонатиты (севиты) с переменным содержанием натрового авгита, биотита, апатита, нефелина, монтичеллита, мелилита, пирохлора, перовскита, рихтерита, пирита и пирротина. Только в северной части комплекса обычны раухаугиты. Промышленная концентрация пирохлора встречается в пироксен-биотит-магнетитовом севите, амфиболовом севите и частично в раухаугите. С 1953 г., когда началось исследование комплекса, пробурено 440 скважин алмазного бурения, изучено 69 тыс. м керн и выделено шесть потенциально перспективных ниобийсодержащих зон. К настоящему времени добыто примерно 2,5 млн. т руды со средним содержанием 0,45%.

Во втором районе, относящемся к субширотной рифтовой зоне, проходящей вдоль р. Маттава и оз. Ниписсинг в южной части Канадского щита, интенсивно метаморфизованной во время гренвильской орогении, известны небольшие карбонатитовые массивы нижнепалеозойского возраста. Так как большая часть массивов скрыта под водой оз. Ниписсинг, то при геологической экскурсии удалось ознакомиться лишь с разнообразными фенитами и небольшими выходами карбонатитов на живописных островах озера. Более подробные данные о геологическом строении этих массивов были получены геологами Канады на основании бурения и геофизических работ.

Массив Айрон имеет эллипсоидальную форму ($2,4 \times 1,6$ км) и сложен пироксенитами, ийолитами, кальцитовыми карбонатитами с переменным содержанием биотита, флогопита, апатита, титаномагнетита, граната, пирита и доломитовыми карбонатитами. Массив окружен зоной фенитов мощностью до 300 м.

Комплекс островов Маниту имеет близкую к изометричной форму ($3,2 \times 2,7$ км). Он почти полностью скрыт водами озера и только в западной его части выявлены щелочные пироксениты, меланократовые щелоч-

ные сиениты и нефелиновые сиениты. Массив окружен мощным ореолом фенитов, детально исследованных, поскольку они содержат ураносодержащий пирохлор (гатчеттолит). По рудной зоне пройдена разведочная шахта глубиной 135 м, которая в настоящее время затоплена.

Третий район тяготеет к зоне разломов к востоку от оз. Верхнего, проходящей в северо-восточном направлении примерно параллельно фронту гренавильского метаморфизма. Среди карбонатитовых массивов этой зоны наиболее известны Сибрук — площадь 2 км², Лэкнер — 27 км², Немегосенда — 30 км² и Файрсэнд — 5 км², детальная характеристика которых была в свое время опубликована Парсонсом и повторена в сборнике «Карбонатиты», вышедшем под редакцией О. Таттла и Дж. Гиттинса. Массивы слабо обнажены, большие их площади скрыты под водами озер. Известно, что эти массивы прорывают граниты и зеленокаменные породы архея и возникли в протерозое (1050—1100 млн. лет, по данным К-Аг метода). Состав пород, слагающих эти массивы, достаточно различен. Ряд массивов сложен ассоциацией, типичной для карбонатитовых массивов, например ийолитами, пироксенитами, карбонатитами (комплекс Сибрук) или доломитовыми и кальцитовыми карбонатитами (комплекс Файрсэнд). В то же время, судя по описанию, в составе комплекса Немегосенда участвуют ювиты, малиньиты, фойяиты и пуласниты, т. е. породы весьма необычные для карбонатитовых комплексов. Подобного рода массивы геологи Советского Союза к карбонатитовым комплексам не относят. В настоящее время исследуются два карбонатитовых комплекса (Каргилл и Арго), расположенных в северной части этой же системы разломов. Материалы по этим массивам еще не опубликовались. Судя по просмотренным в университете г. Торонто образцам, массив Каргилл (возраст 1800 млн. лет, данные К-Аг метода) сложен пироксенитами с титаномagnetитом и карбонатитами с клиногумитом, тетраферрифлогопитом, пирохлором. Этот массив является, по-видимому, наиболее древним карбонатитовым массивом в мире.

Среди урановых были осмотрены пегматитовые месторождения Магдональд и Фарадей в районе Банкрофт, гидротермальные жильного типа Эльдorado в районе оз. Баверлодж и метаморфогенные в древних конгломератах в районе Элиот Лейк. Они охарактеризованы, по наблюдениям Я. Белевцева, с учетом личных впечатлений от осмотра Элиот Лэйк.

Пегматиты Банкрофта. Площадь района Банкрофта, находящегося в Южном Онтарио, сложена биотитовыми мигматитами, амфиболитами и в меньшей степени биотитовыми парагнейсами. Оруденение непосредственно связано с пегматитами. Был осмотрен карьер месторождения Магдональд, пройденный среди интенсивно-складчатых мигматитов, которые вмещают жилу пегматита крупноблочного строения. Залегает оно полого с заливообразными метасоматическими контактами и останцами гнейса внутри пегматита. Урановое оруденение наблюдается в виде вкрапленных руд по смятой катаклазированной границе крупных выделений кварца и полевого шпата внутри пегматита или на границе пегматита и мигматита, также тектонически нарушенной.

На месторождении Фарадей осмотрен горизонт 400 м, где распространены амфиболиты, имеющие полосчатое сложение благодаря послыному выделению полевых шпатов. Среди амфиболитов размещены пегматитовые и карбонатные выделения, имеющие жильный или пятнистый характер с четко выраженными метасоматическими контактами.

Урановое оруденение приурочено к тектонически нарушенному контакту карбонатов и пегматитов с амфиболитом в виде прерывистых прожилковых или пятнистых выделений ураноторита и уранинита. Ураноторит тесно ассоциируется с магнетитом, пироксеном и кварцем. Рудные тела имеют обычно линзовидную, реже жилообразную форму. Уран

отложился в самую последнюю стадию гидротермального постметаморфического процесса по зонам смятия среди метасоматитов. Минералами-осадителями были магнетит и пиркосен, содержащие двухвалентное железо.

Биверлодж. Этот район находится близ оз. Атабаска в провинции Черчилль. В геологическом строении территории района принимают участие две группы пород — Тацин и Мартин. Группа Тацин относится к архею и частично к нижнему протерозою. Представлена гранитами, мигматитами, гнейсами, амфиболитами, карбонатными породами и кварцитами. Группа Мартин нижнепротерозойского возраста сложена метаморфизованными кластогенными породами — конгломератами, кварцитами, роговиковыми хлорит-серицитовыми сланцами, аргиллитами и хлорит-эпидотовыми сланцами.

Урановые месторождения приурочены к зонам крупных разломов и зон несогласия между породами групп Тацин и Мартин, там, где они тектонически нарушены, катаклазированы, трещиноваты и милонитизированы.

Рудные выделения представлены системой прожилков уранинита и штокверковых брекчий, сцементированных уранинитом. Такие зоны прослежены на месторождениях Эльдорадо, Верна и Ганнар. Рудным минералом, доминирующим во всех телах, является массивный или коллоидный уранинит.

На месторождении Эльдорадо выделяется рудоносная группа пород, сложенная конгломератами, амфиболитами, кварцитами, аркозовыми песчаниками и аргиллитами. Эти породы примыкают к протяженной зоне разлома Сан-Луи и гнейсовому основанию Тацин.

Шахта Эльдорадо обрабатывает урановые руды до глубины 1350 м. Все шахтное поле сложено черными аргиллитами. По мере приближения к рудной зоне в них все чаще и чаще проявлена эпидотизация и альбитизация. Эпидотизация развита в сланцевых прослоях в виде прожилковых выделений и метасоматических образований темно-зеленого цвета. Альбитизация проявляется бесформенными пятнами, жилкообразными или послойными образованиями, преимущественно приуроченными к кварцевым прослоям породы.

В рудной зоне, кроме альбитизации и эпидотизации, очень сильно развит дисперсный гематит, который окрашивает все породы в кирпично-красный цвет и маскирует все другие изменения.

В рудных забоях руда представляет собой сильно милонитизированную породу кирпично-красного цвета, рассеченную продольными, черного цвета прожилками урановой смолки толщиной от волосных до 4—6 см. Кроме прожилков, наблюдается вкрапленное и пятнистое выделение смолки. Хорошо различаются прожилки и выделения карбоната, сульфидов железа, кварца и реже рибекита. Мощност рудных зон с различной концентрацией минералов в различных забоях от 1—2 до 5—6 м.

Кроме шахты Эльдорадо, было продемонстрировано несколько участков выходов рудных зон на поверхность Земли. Был показан новый участок, недавно открытый радиометрической съемкой с самолета. После открытия и наземной проверки бульдозеры очистили поле от мелко-лесья, мха и небольшого почвенного слоя, затем все было смыто сильной струей воды, хорошо обнажившей зону смятия с урановым оруденением, протянувшуюся на 300—400 м.

Высокие концентрации урана в рудах Эльдорадо объясняются благоприятными условиями рудоотложения, выразившимися в том, что снижение температуры и давления в растворах происходило в алевролитах, богатых двухвалентным железом и углистым веществом (графититом), оказавшим сильное восстанавливающее влияние на шестивалентный уран и превращение его в четырехвалентную неподвижную форму.

Элиот Лейк. Это крупное урановое месторождение ранее называлось Блайнд Ривер, хотя последнее является только небольшой частью рудного поля. Оно находится в южной части Онтарио у берега оз. Гурон, распространено на площади 60—45 км², обладает запасами металла близкими к 300 тыс. т при среднем его содержании в руде, близком к 0,08%. Оно дает около 85% урана, добываемого в Канаде в количестве свыше 20 тыс. т ежегодно.

Рудоносные конгломераты приурочены к основанию протерозойских метаморфических пород Гуронской системы, резко несогласно залегающих на кристаллическом, в основном гранито-гнейсовом, основании архея. Породы Гуронской системы состоят из конгломератов, кварцитов, аркозов, аргиллитов и амфиболитов, достигающих общей мощности в несколько тысяч метров. Они собраны в систему сравнительно пологих складок, вытянутых в субширотном направлении, осложненных сбросами. Конгломераты залегают у основания Гуронской системы. Они имеют форму пластов, пропластков и линз. Основной пласт расположен непосредственно на подстилающих архейских кристаллических образованиях; кроме него, выше по разрезу, среди аркозов и кварцитов, встречаются дополнительные пласты в породах кровли. Главный и дополнительные пласты обычно распадаются на пачки, нередко с разной концентрацией урана. Мощность главного пласта от нескольких до 20 м, дополнительные пласты тоньше. Они состоят из галек и обломков кварца средним размером с голубиное яйцо, реже из галек темного роговика, сцементированных кварц-серицитовой с хлоритом массой, содержащей обильный пирит и другие сульфиды. Урановые минералы представлены в основном браннеритом, в меньшей степени уранинитом. Участники экскурсии из других стран, видевшие Витватерсранд в Южной Африке, утверждали, что конгломераты Элиот Лейк по внешнему виду ничем не отличаются от руды этого знаменитого месторождения. От себя добавим, что они, однако, отличаются тем, что совершенно не содержат золота, зато концентрация урана в них в 5—6 раз выше, чем в Витватерсранде.

Заключение

Основная ценность канадской сессии Международного геологического конгресса заключается в той обильной информации, которую получили ее участники друг от друга, от демонстрации новейших материалов, от их рассмотрения и обсуждения, от осмотра выдающихся рудных месторождений Канады. Особенно глубокие сведения приобретены по группам сульфидных медно-никелевых, колчеданных, стратиформных свинцово-цинковых, прожилково-вкрапленных медно-молибденовых и разнообразных урановых месторождений.

Результаты такого ознакомления с новейшими материалами по рудным месторождениям многих стран мира и личных впечатлений от осмотра исключительных месторождений Канады способны активно содействовать как практической деятельности наших геологов рудников, так и дальнейшему расцвету ряда теоретических разделов рудообразования.

З. А. Крутиховская, С. М. Подолянко

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИЗУЧЕНИИ ТЕКТониКИ КАНАДСКОГО ШИТА

Самый крупный из докембрийских щитов — Канадский — характеризуется некоторыми общими чертами, типичными для докембрийских структур мира и в том числе для Украинского и Балтийского щитов. Так же как и эти щиты, он разделен на ряд площадей (провинций), представляющих собой огромные блоки, в пределах которых породы отличаются по возрасту, составу и структурному плану складчатых комплексов. Отдельные блоки разграничиваются, как правило, глубинными разломами. Различная ориентировка докембрийских структур объясняется проявлением четырех главных этапов горообразования: кеноренского, гудзонского, эльсониевского и гренвильского (Stockwell, 1965). Много общего между этими щитами и в составе слагающих их метаморфических и магматических формаций. В пределах Канадского щита известны крупные месторождения золота, урана, серебра, цинка, свинца, никеля, меди, титана, железа и других металлов. В выявлении этих месторождений и оконтуривании рудных зон большая роль принадлежит геофизическим методам разведки, которые развиваются в двух направлениях: при геологическом картировании и непосредственно при выявлении рудных зон. Если в первом направлении советские геофизики имеют несомненные методические преимущества (Красовский, 1965; Крутиховская и др., 1966; Гинтов, 1967; Поротова и др., 1968), то в области прямых поисков руд цветных металлов уровень исследований в Канаде выше и должен быть широко использован в СССР.

Эта статья имеет целью познакомить советских читателей с современным состоянием геофизических исследований на Канадском щите, областью их применения, особенно для прямых поисков полезных ископаемых, новыми тенденциями в аппаратурных разработках и методике интерпретации. Она составлена, в основном, по материалам докладов, сделанных на секции разведочной геофизики Конгресса, и включает обзор магнитных, электромагнитных и в меньшей степени гравиметрических исследований. В процессе подготовки статьи оказалось целесообразным привлечь некоторые дополнительные материалы, опубликованные за последние годы в различных журналах Канады и США (см. литературу).

Магнитные, главным образом аэромагнитные, съемки имеют самое широкое применение на Канадском щите. Они используются в целях геологического картирования и поисков месторождений железных руд и руд цветных металлов. Последние в ряде случаев проявляются магнитными аномалиями за счет присутствия в рудах пирротина.

Примером успешного использования магниторазведки для поисков сульфидных руд служит открытие знаменитого медно-никелевого месторождения Содбери (рис. 4, 5). На фоне овальной магнитной аномалии, контуры которой совпадают с границами массива норитов, выявлена цепочка узких максимумов интенсивностью порядка 3000—5000 гамм и более, приуроченная к залежи массивных сульфидных руд. Как выяс-

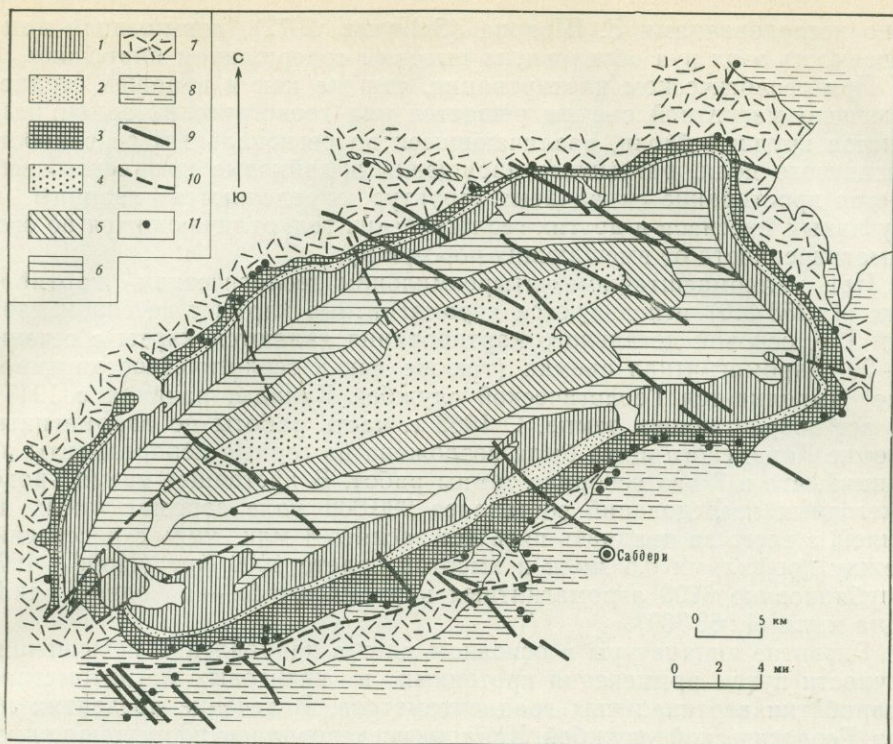


Рис. 4. Геологическая карта бассейна Садбери, Онтарио (Phemister, Grant, 1958; Guy-Bray, Peredery, 1971)

- 1 — микронегматиты; 2 — кварцевые габбро; 3 — нориты, кварцевые диориты; 4 — челмсфордские песчаники; 5 — породы формации Onwatin; 6 — породы формации Onaping; 7 — граниты и архейские гнейсы; 8 — породы гуронской серии; 9 — дайки оливиновых диабазов; 10 — разломы; 11 — сульфидные месторождения.

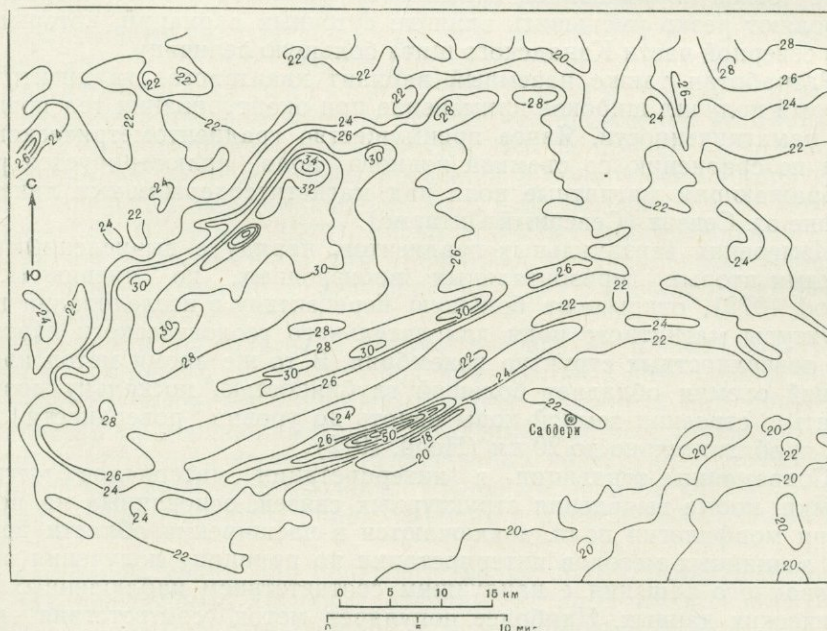


Рис. 5. Карта аномального магнитного поля (ΔT) бассейна Садбери, Онтарио (выкопировка из карты аэромагнитной серии, изданной Геологической службой Канады в 1965 г.; оцифровка изолиний дана в сотых гамм)

нено исследованиями Е. Шварца (Schwarz, 1972), повышенная намагниченность этих руд обусловлена высоким содержанием пирротина.

При геологическом картировании, так же как и в нашей стране, с помощью магнитной съемки решается ряд геологических задач: выделяются крупные блоки, различающиеся по региональным особенностям магнитного поля, разрывные нарушения и дайковые комплексы, выясняется простираие складчатых структур, определяются границы интрузивных массивов и других геологических тел, отличающихся по своей намагниченности от вмещающих пород и др.

При мелкомасштабном четырехмилльном геологическом картировании (1 : 253 440) используются аэромагнитные карты с сечением изолиний 10γ, основой детального картирования являются карты с сечением 1—2γ. Аэромагнитная съемка (так же как и геологическое картирование) выполняется Геологической службой Канады, начиная с 1947 г., во все возрастающем темпе. С 1962 г. часть работы по аэромагнитной съемке Канадского щита была возложена на горные департаменты провинций, что в 7 раз ускорило темпы работ. В настоящее время уровень ежегодных исследований составляет 290 000 *миль* аэромагнитных профилей, а всего за двадцать пять лет заснято 4 млн. *миль* с расстоянием между профилями 0,5 *мили* и высотой полета 1000 *фут* (Hood, 1972). Опубликовано 6100 аэромагнитных карт масштаба — в одном дюйме одна миля (1 : 63 360).

Развитие аппаратуры в основном идет в направлении повышения ее точности путем применения протонных и квантовых магнитометров и разработки вертикальных градиентометров. В течение последних пяти лет Геологической службой Канады исследовалась разрешающая способность квантовых магнитометров не только для непосредственной реализации их высокоточной информации при геологической расшифровке, но и с целью использования их для измерения вертикального градиента магнитного поля Земли. Для этого разработана система двух бортовых датчиков, разнесенных на небольшое расстояние по вертикали, с помощью которых регистрируется разностное поле между ними. Измерения вертикального градиента, кроме известных преимуществ, связанных с более четкой локализацией аномальных объектов в поле производных, позволяют резко уменьшить влияние суточных вариаций, которые имеют в северной части Канадского щита большую величину.

Разработан также наземный вариант квантового градиентометра, который получил широкое применение при оконтуривании тел повышенной намагниченности. Явное преимущество градиентометрического метода по сравнению со съемкой полного поля иллюстрируется рис. 6, отображающим магнитные поля над магнетитсодержащими линзами в районе оз. Севент (Северный Онтарио).

Измерения вертикальных градиентов, наряду с вычисленными значениями вторых горизонтальных производных, по мнению П. Худа (Hood, 1972), открывают большую перспективу в исследовании тонкой структуры магнитного поля для детального геологического картирования поверхностных структур докембрия. В то же время метод аэромагнитной съемки обладает большой глубиной, поскольку позволяет судить о строении земной коры вплоть до уровня поверхности Кюри, т. е. приблизительно до 20 км (Hood, 1972).

Современные тенденции в интерпретации материалов магнитной съемки, кроме выявления структурных связей, основанных на исследовании морфологии поля, заключаются в расширении области применения машинных методов интерпретации по принципу получения оптимизированного решения с наилучшим соответствием наблюдаемых и теоретических данных. Наиболее популярен метод соответствия кривых Хатчисона (Hood, 1972), при котором используется вся информация об аномалии.

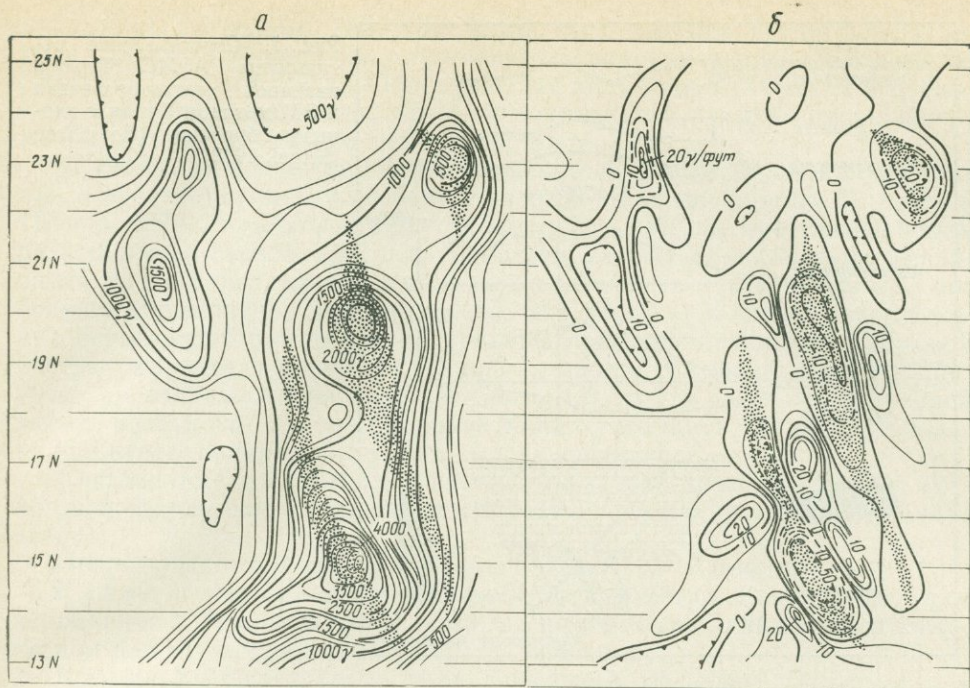


Рис. 6. Карта аномального магнитного поля. Изолинии (ΔT)_a (а) и карта вертикального градиента магнитного поля (б) залива Флоут озн. Севент, Северный Онтарио (Hood, McClure, 1965); точками показаны магнетитсодержащие линзы

Со второй половины шестидесятых годов в Канаде широкое развитие получила интерпретация региональных магнитных аномалий для расшифровки глубинного строения щита. Большинство используемых в настоящее время способов выделения региональных аномалий базируются на осреднении наблюдаемых полей, которое осуществляется одним из перечисленных методов: с помощью двухмерного анализа Фурье; фотографического уменьшения; подбором поверхностей, описываемых полиномами 6-го порядка; способом полосового фильтра и др.

Аэроэлектромагнитная (АЭМ) съемка является вторым по популярности методом поисков рудных месторождений на Канадском щите. Она систематически применяется с 1951 г., причем за этот период исследовано свыше 2 млн. миль профилей и обнаружено 40 месторождений, в основном медно-никелевых руд. Как указывается в докладе Н. Петерсона (Paterson, 1972), число открытых месторождений увеличивается логарифмически и при продолжении современных тенденций исследований и открытий в следующие пять лет в Канаде будет выявлено 40 новых месторождений.

АЭМ съемки проводятся в первую очередь на площадях, перспективных по комплексу слагающих пород, из которых наибольший интерес представляют пояса зеленокаменных пород. Именно к ним приурочено большинство промышленных месторождений цветных металлов. Практически используется не менее 10 различных конструкций АЭМ систем; выбор той или иной системы зависит главным образом от таких факторов, как состав изучаемых пород, глубина и природа объектов исследований.

В настоящее время для поисковых целей применяются большей частью так называемые активные системы, которые имеют движущиеся источник и приемник в стабильной или нестабильной формах, т. е. генератор и приемное устройство могут представлять жесткую в механиче-

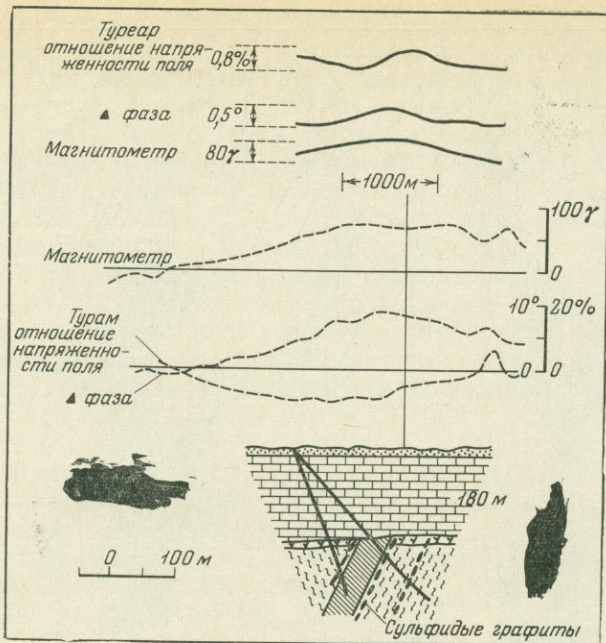


Рис. 7. Сопоставление результатов АЭМС Туреар, наземной магниторазведки и ЭМ методом Турам с данными бурения (Bosschart, Seigel, 1972)

ском отношении систему, устанавливаемую на легкий самолет (вертолет), или между ними допускается некоторая свобода движения (например, самолет и соединенный с ним кабелем планер). В течение последних десяти лет наиболее популярны жестко соединенные ЭМ системы с низкой частотой, вертикальной рамкой и фазово-квадратурным способом измерения. Они имеют хорошую разрешающую способность и уверенно разделяют проводящие тела. Однако нестабильные системы с буксируемым приемником, по данным Р. Стемпа (Stemp, 1972), обладают большей эффективной глубиной проникновения, хотя в других докладах (например, Bosschart, Seigel, 1972) сообщается, что в отношении глубинности исследований обе эти системы равноценны. По сравнению с ними системы с фиксированным (т. е. наземным) источником имеют то преимущество, что проводники больших размеров выявляются на больших глубинах и уменьшаются помехи за счет того, что проводящие тела в осадочном чехле и фундаменте расположены на одинаковом расстоянии от источника.

Судя по докладам, заслушанным на конгрессе, наибольший интерес представляют электромагнитные системы Туреара, Кансо и DIGHEM. В применяемой в настоящее время системе Туреар комбинируются преимущества системы с фиксированным источником со скоростью и эффективностью самолетных измерений. В этой системе питающее устройство (петля больших размеров) расположено на земле, а приемная рамка перемещается вертолетом или легким самолетом. Наблюдения производятся снаружи и внутри передающей петли, имеющей размеры от 3×3 до 10×5 км. Она укладывается или с помощью вертолета, имеющего специальное устройство, или каким-либо наземным транспортным средством (или даже вручную). Для питания петли используется генератор, ток 2-4А, частота выбирается в зависимости от геологических условий от 100 до 800 гц. Приемное устройство, состоящее из двух рамок или двух пар рамок, перемещается на высоте 30—50 м над землей.

На рис. 7 демонстрируется по материалам (Bosschart, Seigel, 1972) высокая эффективность метода Туреара в районе никелевого пояса Манитобы, где мощность платформенного чехла (известняки, песчаники,

доломиты) составляет 160—180 м. На этом рисунке представлена запись одного из маршрутов с применением источника размером 3×3 км с рабочей частотой 400 гц. Обнаруженная аномалия была затем исследована наземными работами, которые подтвердили наличие проводящего тела и глубину до него, оцененную аэрометодами.

С 1969 г. на Канадском щите применяется комбинированная магнитная и электромагнитная система Кансо, которая, по данным Р. Стемпа (Stemp, 1972), превосходит другие жесткие АЭМС по чувствительности, разрешающей способности и глубинности, за счет значительного увеличения разноса питающего и приемного устройств (в 2—3 раза) без большого увеличения высоты полета. Это достигнуто путем расположения передающей рамки на специальном приспособлении перед носовой частью самолета и приемной рамки — в хвосте самолета. Линии маршрутов располагаются на расстояниях от $1/8$ до $1/4$ мили при средней высоте полета для обычных условий Канадского щита 150 футов и только при пересеченном рельефе эта высота увеличивается.

Система Кансо снабжена 6-канальным устройством, которым в аналоговой форме записывается следующая информация (рис. 8, снизу вверх):

Опорные марки — записываются с интервалом 10 секунд.

Канал 1 — запись феррозондового магнитометра. Используется для корреляции с данными АЭМС. Эта же информация записывается самописцем для точных измерений и составления карт.

Канал 2 — электромагнитная синфазная (фазовая) запись.

Канал 3 — квадратурная запись. Оба эти канала работают на одной чувствительности. Каждое деление на рис. 8 соответствует 0,000125 начального поля.

Канал 4 — запись радарного альтиметра, каждое деление шкалы соответствует двадцати пяти футам.

Канал 5 — запись акселерометра. По такой записи могут быть выявлены ложные аномалии, обусловленные резким изменением курса самолета и турбулентностью воздуха.

Канал 6 — дополнительный — может быть использован для записи данных 60 гц детектора (для отделения аномалий от силовых электрических линий), γ — лучевого спектрометра или любой другой информации.

АЭМС Кансо позволяет выделять проводники, расположенные от нее на расстоянии в среднем 300 фут, но это всегда зависит от конкретной геологической обстановки — размеров тела, его проводимости, мощности осадочного чехла и других факторов. Учитывая, что имеется определенная связь между разносом приемной и питающей рамок и глубиной метода, компания Кансо разрабатывает систему с разносом рамок около 110 фут, которая устанавливается на концах крыльев самолета.

С 1970 г. на Канадском щите применяется АЭМС DIGHEM, в которой питающее и приемное устройства расположены в 30-футовой гондоле, буксируемой вертолетом (Fraser, 1972). Благодаря наличию трех взаимоперпендикулярных катушек приемника система DIGHEM позволяет измерять три пространственные компоненты электромагнитного поля и поэтому дает более полную информацию по сравнению с другими системами. Она позволяет определять протяженность проводящей зоны и произведение проводимости на мощность даже для проводников малого размера, расположенных не глубже 300 фут (при расстоянии между ними не менее 75 фут). Благодаря этому расходы на наземную проверку аэроаномалий обычно в два раза меньше, чем при работе с другими АЭМ системами.

В комплекс системы DIGHEM входит также магнитометр Баррингера AM-104 с точностью $\pm 1\gamma$. Данные магнитной съемки обрабатывают-

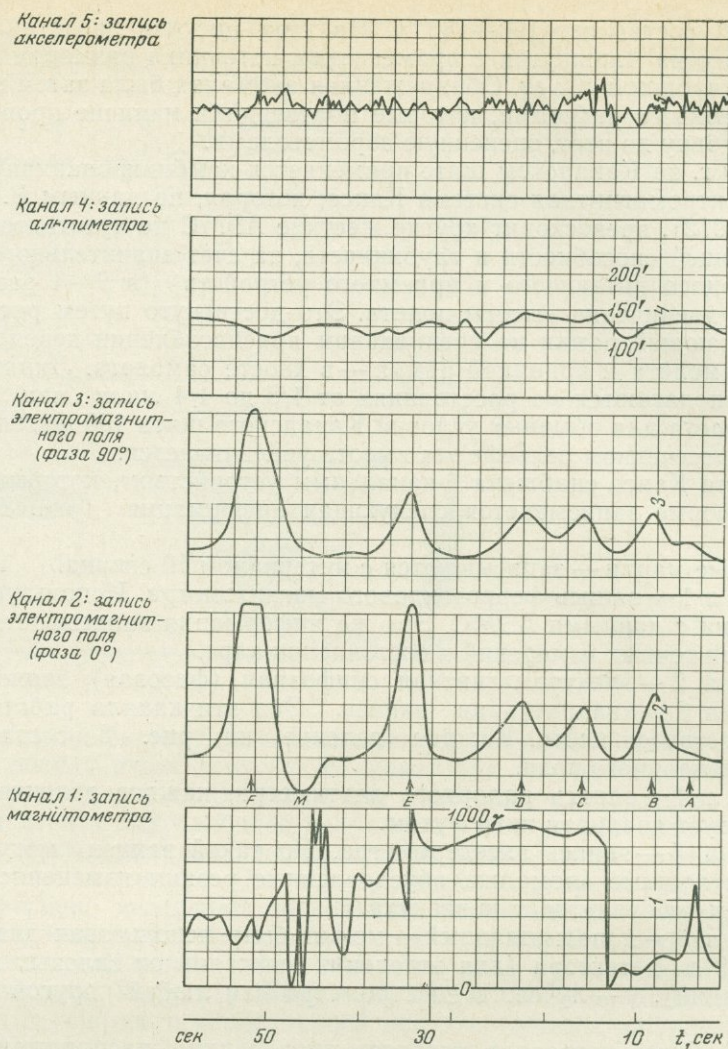


Рис. 8. Типичная запись АЭМ системы Кансо (Stemp, 1972)

ся на счетной машине для составления карты суммарного поля и фильтруются с помощью полосового фильтра, который отделяет коротковолновые аномалии от длинноволновых и усиливает первые из них. Отфильтрованная карта магнитного поля обеспечивает лучшую корреляцию между проводниками и магнитными аномалиями и более точную интерпретацию этих аномалий.

В результате АЭМ съемки обнаружены десятки тысяч проводящих зон (проводников), однако только 0,1% этих проводников оказались приурочены к промышленным месторождениям руд цветных металлов. Статистический анализ по большому числу участков Канадского щита привел Х. Сейгеля (Seigel, 1972) к выводу, что на 100 сульфидных зон и на 1000 геологических проводников обнаруживается одно рудное месторождение. Проводники разделяются на пять основных групп: 1) сульфидные или графитовые, 2) магнетитовые и серпентинитовые, 3) минерализованные зоны разломов и брекчий, 4) проводники в осадочном чехле, 5) ложные аномалии проводимости, связанные с индустриальными и другими помехами.

Даже с помощью наиболее совершенных АЭМС, с максимальной разрешающей способностью, нельзя точно отделить аномалии проводимости, связанные с промышленными залежами руд, от рудопроявлений и графитовых зон, а иногда даже от аномалий, обусловленных зонами брекчий и разломов, а также проводниками в осадочном чехле.

Еще более осложняет поиски рудных месторождений то обстоятельство, что каждая АЭМС, в силу особенностей конструкции, по-разному реагирует на структуру, размер и физические свойства проводящих тел, а также имеет разную чувствительность к проводимости осадочного чехла. Поэтому данные разных АЭМС даже для одних и тех же рудных тел отличаются друг от друга по величинам такого характерного параметра, как произведение проводимости на мощность. Х. Сейгель (Seigel, 1972) приводит такие интересные факты, что с помощью одной АЭМС можно обнаружить лишь один проводник на 100 км^2 , а с другой — 50 проводников на 1 км^2 .

Поэтому большое значение придается классификации проводящих зон на «рудные» и нерудные. Частично такая классификация производится по материалам комплексных воздушных съемок. Магнетитовые и серпентинитовые проводники обычно характеризуются интенсивными магнитными аномалиями. Кроме того, в некоторых АЭМС (например, Кансо) они распознаются по специфическим особенностям фазового и квадратурного сигналов (Stemp, 1972). Но наиболее надежно «отбраковка» проводников производится с помощью программы наземных исследований. Основная цель наземной программы — классификация проводников, обнаруженных с помощью АЭМС, по источникам, выделение среди них наиболее перспективных для поисков рудных залежей, определение элементов залегания этих залежей (простираения, падения, глубины залегания) для выбора точек заложения буровых скважин. Иногда в результате наземной съемки обнаруживаются новые проводящие зоны, ибо независимо от применяемой АЭМС результаты никогда не бывают исчерпывающими. Например, могут быть пропущены проводники, длина которых меньше расстояния между линиями полета (200—400 м) или простираение которых близко к направлению маршрутов. Иногда обнаруживаются проводники от рудных тел, не имеющих промышленного значения, и пропускаются крупные рудные тела (Seigel, 1972).

Логическая программа наземных исследований приведена на рис. 9 (Seigel, 1972). В нее входят ЭМ съемка, геологическое картирование, геохимические исследования, метод вызванных потенциалов (ВП), магнитная и гравиметровая съемки. Хотя в этой программе методу ВП придается до некоторой степени вспомогательное значение, в докладе Халлофа (Halloy, 1972) рассмотрен ряд примеров по месторождениям сульфидных руд Канадского и Австралийского щитов, когда ЭМ методы не давали положительных результатов, а рудные залежи обнаруживались только методом ВП. Обобщая многочисленные примеры успешного применения метода ВП, Халлоф подчеркивает, что этот метод более эффективен при поисках вкрапленных сульфидных руд. Причем если для неглубоко залегающих крупных рудных тел все типы установок (расположения электродов) дают большей частью аномалии ВП одной и той же амплитуды и формы, то для маломощных залежей и тел, залегающих под мощным осадочным чехлом, эффективность метода сильно зависит от типа установки.

Большое значение придается экономической стороне дела, поэтому программа (рис. 9) выполняется не параллельно, а последовательно и заканчивается на любом из этапов, который дает достаточно надежные данные для вскрытия рудной зоны бурением.

Первым этапом наземной проверки является электромагнитная съемка. Преимущественно применяются системы с вертикальной рамкой

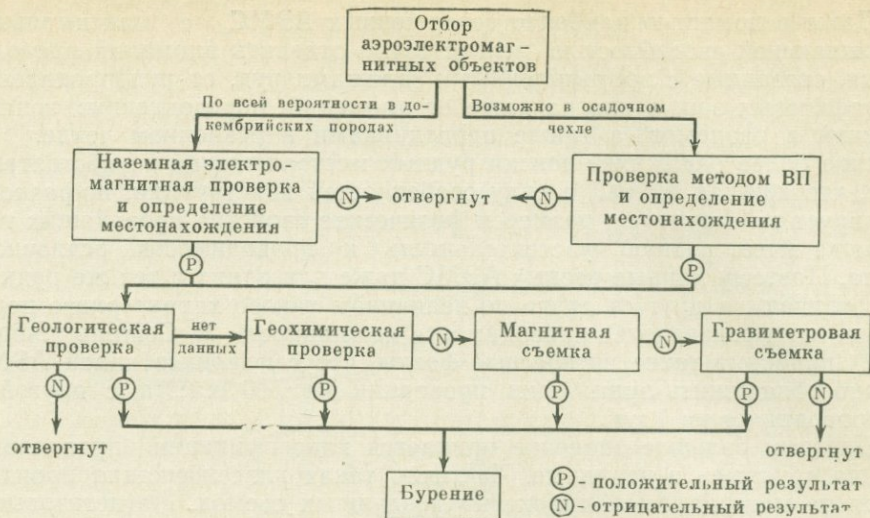


Рис 9. Логическая программа наземных исследований (Seigel, 1972)

(Турама, Зейнграма и др.). Выбор системы определяется геологическими условиями: при мощности осадочного чехла менее 50 м предпочитают ЭМ с вертикальной рамкой (Зейнграма и др.), при значительной мощности чехла рекомендуется метод Турам (Turam) или Турара (Turair). Последний по глубине проникновения эквивалентен системе Турам. Обычно работы ограничиваются непосредственно площадью проводящей зоны.

В тех случаях, когда с помощью АЭМС нельзя отличить рудный (или графитовый) проводник от эффекта за счет наносов или разломной зоны (т. е. для разделения источников с ионной и электронной проводимостью), применяется метод ВП. Однако он тоже не всегда приводит к положительным результатам.

Наземная магнитная съемка проводится портативным протонным магнитометром. Магнитные аномалии вызываются пирротином или магнетитом, иногда над сульфидными телами наблюдается отрицательная аномалия за счет обратной намагниченности пирротина. Следует заметить, что отсутствие магнитной аномалии над проводящей зоной не дает основания относить ее к безрудной. Многие крупные сульфидные тела совершенно немагнитны (Seigel, 1972).

Важным методом в комплексе наземных исследований является гравитационная съемка (Strange, 1970). С ее помощью могут быть обнаружены крупные залежи, создающие аномалии не менее 0,2—0,6 мгл.

В одном из докладов (Verbeek et al., 1972) приведена интересная таблица, дающая представление о результатах наземной проверки аномалий проводимости.

Выделены с 1968 по 1970 г. из данных АЭМС	— 772 проводника
Подтверждены наземными съемками	— 610 »
Дополнительно обнаружены наземными съемками	-- 5 »
Забракованы по результатам наземных геофизических и геологических работ	— 307 »
Разбурены и вскрыты канавами	— 308 »
Обнаружены при проверке:	
Полупромышленные месторождения массивных сульфидных руд	— 1 »
Полупромышленные месторождения сульфидных вкрапленных руд	— 3 »

Рудопроявления массивных сульфидных руд	— 61	проводника
Рудопроявления сульфидных вкрапленных руд	— 42	»
Графит + сульфиды	— 136	»
Графит	— 39	»
Другие проводники (обычно зоны сланцев)	— 5	»
Проводники неизвестной природы	— 21	»

В заключение характеристики геофизических исследований на руды цветных металлов рассмотрим материалы по медно-никелевому месторождению Терри (Онтарио), обнаруженному наземными геофизическими работами (Verbeek et al., 1972). Месторождение расположено в северной части зеленокаменного пояса оз. Пикл, сложенного вулканогенными породами различных фаций метаморфизма, туфами среднего и кислого состава, метаосадочными породами, породами железорудной формации и основными, ультраосновными и кислыми интрузиями.

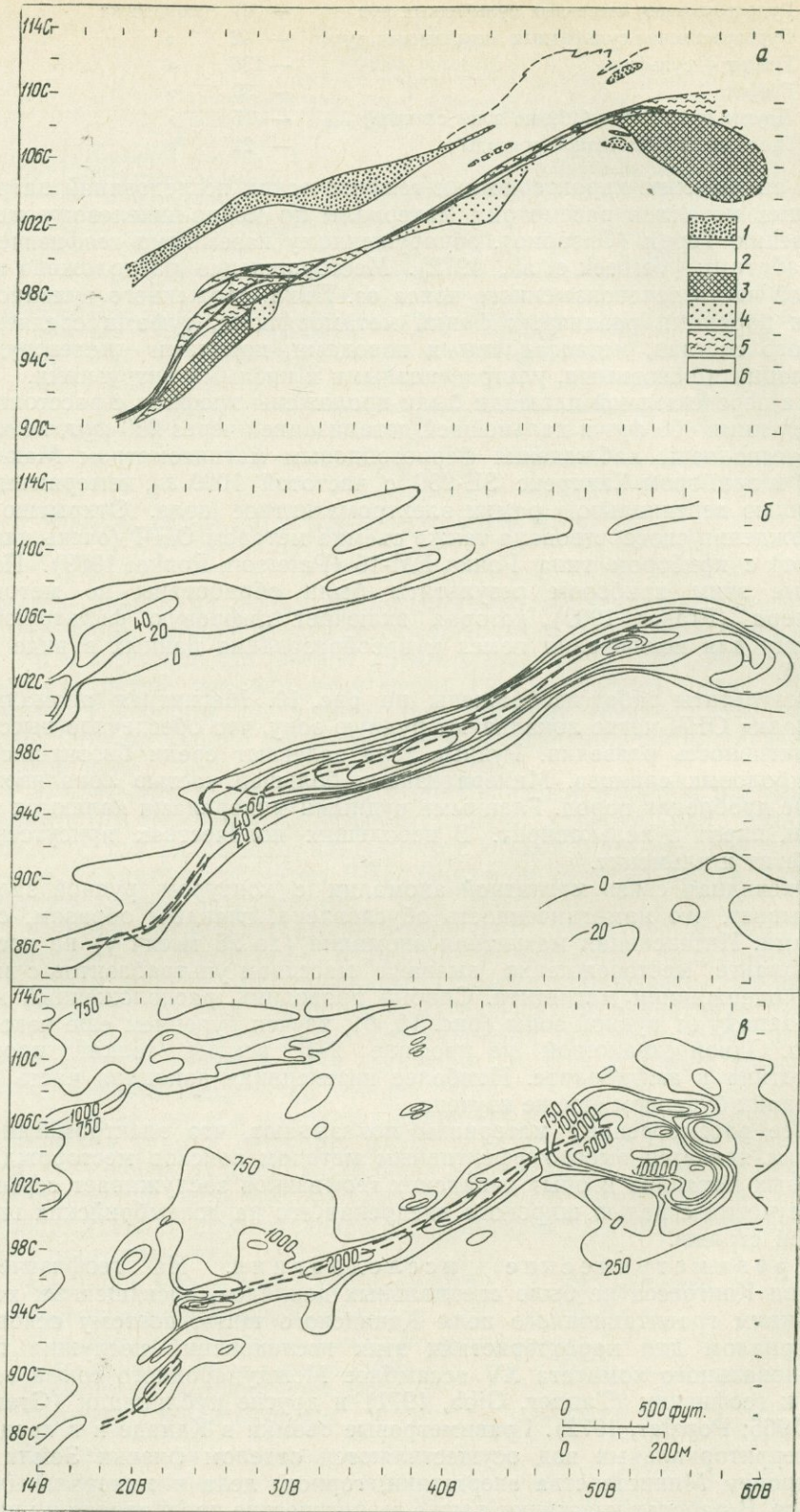
На перспективной площади были проложены профили с расстоянием между ними 400 *фут* и дальнейшей детализацией через 200 *фут*, на которых выполнены наблюдения феррозондовым магнитометром Мак-Фар М-70 и прибором Синтрекс SE-250 с частотой 1000 *гц*, измеряющим с помощью вертикальной рамки электромагнитное поле. Открытию месторождения способствовала также съемка методом ОНЧ (очень низких частот) с прибором типа Ронка EM-16 (Paterson, Ronka, 1969). Полученные этим прибором результаты были обработаны по методике Фразера (Fraser, 1969), которая включает цифровую фильтрующую систему для исключения помех и преобразования данных в виде изолиний.

Результаты работ изображены на рис. 10. Магнитная аномалия и аномалия ОНЧ четко локализируют рудную зону, что обеспечило высокую эффективность разведки. Рудные тела залегают среди биотит-хлорит-амфиболовых сланцев. Минерализация большей частью локализована в зоне дробления пород. Главными рудными минералами являются пирротин, пирит и халькопирит. В небольших количествах присутствуют магнетит и ильменит.

Очевидная связь магнитной аномалии с контуром рудной залежи указывает, что намагниченность обусловлена, главным образом, сульфидами. Интенсивная магнитная аномалия (до 25 тысяч γ) на восточном фланге месторождения вызвана массивом ультрабазитов с высоким содержанием магнетита. Слабый проводник, расположенный к северо-западу от рудной зоны (рис. 10, б), изучен бурением еще недостаточно. Одной скважиной на профиле 24В вскрыт тонкий прослой пирротина в амфиболите. Наиболее интенсивная западная часть этой аномалии бурением еще не изучена.

Все рассмотренные материалы показывают, что электромагнитная съемка является высокоэффективным методом поисков месторождений цветных металлов и опыт канадских геофизиков заслуживает серьезного изучения с целью широкого внедрения его на докембрийских щитах нашей страны.

Гравиметрические исследования. На геофизической секции Конгресса не было специальных докладов, посвященных исследованиям гравитационного поля Канадского щита, поэтому основным материалом для характеристики этих исследований послужил отчет Национального комитета XV ассамблее Международного союза геодезии и геофизики (Tanner, Gibb, 1971) и другие публикации (Grant et al., 1965; Porélar, 1972). Гравиметровые съемки в Канаде и в пределах ее территориальных вод осуществляются отделом физики Земли под контролем Министерства энергетики, горного дела и минеральных ресурсов. В работах участвуют также геологические предприятия и университеты провинций. Морские гравиметровые наблюдения проводятся в



основном Атлантической океанографической лабораторией Бедфордского института.

За период с 1961 по 1971 г. почти для всей территории Канады (и в том числе Канадского щита) изданы карты гравитационного поля в редукции Буге масштаба 1 : 500.000, карты по остальной территории готовятся к изданию. На базе счетной машины I ВМ-360 создана единая национальная система хранения и повторного использования гравитационных данных. Ее основными компонентами являются: каталог основных данных и серия программ, предназначенных для хранения информации, ввода новых данных и извлечения данных из каталога. Предусмотрен выход на самописец, счетно-печатающее устройство, перфокарты и магнитную ленту. С помощью этой системы выполняются заказы промышленности и научно-исследовательских учреждений на составление карт или графиков силы тяжести по избранному направлению и каталогов для любого из участков территории.

В результате мелкомасштабной гравиметровой съемки, осуществляемой преимущественно с использованием вертолетов, установлены региональные особенности гравитационного поля Канадского щита и связи их с крупными тектоническими провинциями и изменениями мощности земной коры. Интерпретация региональных аномалий обсуждается в ряде работ (Weber, Goodacre, 1967; Agarwal, 1968; Sobczak, 1968). Наряду с региональными аномалиями, обусловленными различной плотностной характеристикой крупных блоков земной коры и изменениями ее мощности, гравиметровой съемкой обнаружено большое число аномалий силы тяжести, связанных со структурами верхней части докембрийского фундамента. Интенсивность аномалии Буге колеблется от -50 до $+130$ мгл, причем сопоставление гравитационного поля с данными о плотности докембрийских пород на эрозионном срезе показывает, что между плотностью и аномалиями Буге имеется хорошая корреляция. Поэтому данные гравиметровой съемки широко используются в помощь геологическому картированию в разных масштабах, особенно для оценки границ различных структур и распространения их на глубину (Crant et al., 1965; Popelar, 1972).

Максимумы силы тяжести проявляются базальтовые лавы, основные и ультраосновные интрузии (за исключением площадей развития серпентинитов), рои даек, площади развития гранулитов, массивы габбро-норитов и анортозитов. Интерпретация аномалий над анортозитами приводит к выводу, что эти тела распространяются в коре на большую глубину. Уникальной является кольцевая аномалия, интенсивность в $+130$ мгл, обнаруженная в северной части Канадского щита (Арктическая Канада, бухта Darnley). Она объясняется конусообразной кольцевой интрузией основных пород с мощностью, равной мощности коры (Hognal et al., 1970). Гравитационные минимумы в основном обусловлены массивами гранитов и сиенитов. Изменение уровня аномалий в пределах гранитоидных батолитов связывается с различной плотностью слагающих пород, представленных гранитами, гранодиоритами и диоритами. По характеру гравитационного поля на некоторых участках щита (Онтарио) предполагается наличие обширных низкоплотностных гранитогнейсовых батолитов и плутонов меньшего размера под толщей метаосадочных пород, имеющей мощность 1—4 км. Это приводит

Рис. 10. Схематическая геологическая карта (а), карта отфильтрованного электромагнитного поля ОНЧ (б) и карта аномального магнитного поля z_a (в) медно-никелевого месторождения Терри, Онтарио (Verbek et al., 1972)

1 — граниты; 2 — амфиболиты; 3 — ультрабазиты; 4 — метагаббро; 5 — амфибол-биотит-хлоритозые сланцы; 6 — рудное тело (показано схематически)

Джекоби к выводу, что некоторые массивы гранитогнейсов представляют догренивильский фундамент, ремобилизованный и испытавший анатексис (Tapperg, Gibb, 1971). Для исследования механики формирования гранитоидных поднятий используется спектральная характеристика гравитационного поля.

Делаются количественные оценки распространения батолитов на глубину (Gibb, Voeschel, 1970). При предположении о постоянной плотности пород нижняя граница определяется в 10 км. Однако точная оценка положения этой границы невозможна, поскольку неизвестен закон изменения плотности с глубиной в связи с изменением фаций гранитизированных пород.

Выполняются также количественные оценки глубины распространения зеленокаменных пород и основных интрузий, в том числе массива Содбери (Popelar, 1972). Полученные данные о нижних границах этих комплексов колеблются в пределах 3—8 км, что совпадает с аналогичными данными по Украинскому и Балтийскому щитам (Тяпкин, 1964; Юньков, 1969; Крутиховская, 1971). При расчетах используются двухмерные и трехмерные модели.

О непосредственном применении гравитационной съемки для поисков и оконтуривания рудных тел число опубликованных данных очень ограничено. В ряде случаев этот метод применяется в комплексе с другими для проверки аномалий проводимости и над крупными залежами сульфидных руд дает аномалии интенсивностью до 0,6 мГл.

В области методики интерпретации гравитационных аномалий уровень исследований канадских геофизиков близок к нашему. Разработана методика аналитического продолжения потенциальных полей вверх на основе предположения о равномерном распределении значений силы тяжести на плоскости (M. Paul, D. Nagy). Развитием этих разработок является продолжение поля вверх от истинной топографической поверхности. Предложен метод вычисления первых вертикальных производных на разных высотах (Paul, 1970).

В университете провинции Альберта разработан способ корреляции геофизических и структурных направлений с помощью ЭВМ (Agarwal, 1968; Agarwal, Kanashewich, 1968).

Большое развитие имеют машинные способы трансформации и фильтрации потенциальных полей, в том числе для вычисления вертикальных и горизонтальных производных и аналитического продолжения полей используется двухмерное преобразование Фурье. Широко применяется моделирование двухмерных и трехмерных структур.

Естественно, что приведенный выше обзор геофизических исследований Канадского щита не претендует на полноту освещения этого вопроса. Но авторы надеются, что даже и в таком виде этот обзор может представлять интерес для советских геофизиков, особенно в области широкого применения электромагнитных методов для поисков месторождений сульфидных руд.

Литература

- Гинтов О. Б. Выявление складчатой структуры гнейсово-магматитовой толщи Среднего Побужья с помощью геофизических методов разведки.— В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия, изд-во «Недра», 1967.
- Красовский С. С. Методика комплексирования геофизических исследований при геологическом картировании. «Наукова думка», 1965.
- Крутиховская З. А. Глубинное строение и прогнозная оценка Украинской железорудной провинции (по данным геофизических исследований). «Наукова думка», 1971.
- Крутиховская З. А., Лейчинская И. К., Силина И. М. Геофизические методы исследований докембрия при среднемасштабной геологической съемке.— Геофизический сборник, 1966, вып. 16.
- Поротова Г. А., Белоглазова О. С., Цирульников М. Я. Применение геофизических

- методов при крупномасштабном геологическом картировании закрытых площадей Балтийского щита.— В кн.: Геофизические исследования при геологическом картировании. Алма-Ата, 1968.
- Тяпкин К. Ф. К вопросу определения магниторазведкой глубины погружения железистых пород Криворожья.— Геофизический сборник, 1964, вып. 8 (10).
- Юньков А. А. Про глубину занурения Криворизького синклінорія за геофізичними даними.— Докл. АН УССР, серия Б, 1969, № 1.
- Agarwal R. G. Two-dimensional harmonic analysis of potential fields.— Unpublished Thesis, University of Alberta, Edmonton, 1968.
- Agarwal R. G., Kanashewich E. R. A gravity investigation of the Stoney Rapids area, northern Saskatchewan.— Sask. Dept. Min. Res., 1968, Rpt. 124.
- Bosschart R. A., Seigel H. O. Advances in deep penetration airborne electromagnetic methods.— Intern. geol. congr., XXIV session. Sect. 9. Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Fraser D. C. Contouring of VLF-EM data.— Geophysics, 1969, 54, p. 958—967.
- Fraser D. C. The DIGHEM aerial electromagnetic system.— Intern. geol. congr., XXIV session. Sect. 9. Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Gibb R. A., J. van Boeckel. Three-dimensional gravity interpretations of the Round Lake batholith, northeastern Ontario.— Canad. Journ. of Earth Sci., 1970, 7, N 1.
- Grant F. S., Gross W. H., Chinnery M.-A. The shape and thickness of archaean greenstone belt by gravity methods.— Canad. Journ. of Earth Sci., 1965, 2, p. 418—424.
- Hallof Ph. G. The induced polarization method.— Intern. geol. congr., XXIV session. Sect. 9. Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Hood P. J. Geophysical applications of high resolution magnetometers.— Reprint from Encyclopedin of Physics, 59, N 3, 1971.
- Hood P. J. The application of aeromagnetic survey data of geological mapping programs.— Intern. geol. congr., XXIV session. Sect. 9. Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Hornal R. W., Sobczak L. W., Burke W. E. F., Stephens L. E. Preliminary results of gravity surveys over the MacKenzie Basin and Beaufort Sea.— Gravity Map Series Earth Phys. Br. 1970. Nos., p. 117—119.
- Paterson N. R. and Ponka V. Five years of surveying with VLF-EM method.— Presented et Soc. Expl. Geophys. Ann. Intern. Meet. 1969.
- Paterson N. R. Twenty years of airborne EM in perspective.— Intern. geol. congr. XXIV session. Sect. 9. Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Paul M. K. Computation of the vertical gradient of gravity for twodimensional bodies.— Pur. Appl. Geophys., 1970, 19.
- Popelar J. New developments in Sudbury geology (Edited by I. V. Guy-Bray). Special paper N 10, May 1972.
- Schwarz E. J. Magnetic properties of pyrrhotites and their contribution to magnetic anomalies.— Intern. geol. congr. XXIV session. Sect. 9. Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Seigel H. O. Ground investigation of airborne electromagnetic indications.— Intern. geol. congr., XXIV session. Sect. 9. Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Sobczak L. W. Gravity surveys in the Alexandria area, eastern Ontario.— Publ. Dom. Obs., 1968, 39, N 6.
- Stemp R. W. Field results from a low-level airborne EM system with a large coil separation.— Intern. geol. congr., XXIV session. Sect. 9. Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Stockwell C. H. Structural trends in Canadian Shield.— Bull. Amer. Assos. Petrol. Geologists, 1965, 49, N 7.
- Strange W. E. The use of gravimeter measurements in mining and groundwater exploration. Mining and groundwater geophysics (67).— Geol. Surv. Canad. Econ. Geol., 1970, Rpt. 26.
- Tanner J. G., Gibb R. A. Gravity measurements in Canada (January 1, 1967 to december 31, 1970). Ottawa, Canada, 1971.
- Verbeek T., Dehenne R., Bowdidge C. Geophysical case-history. The Thierry copper-nickel deposit in northwestern Ontario, Canada.— Intern. geol. congr., XXIV session. Sect. 9 Exploration Geophysics. Montreal, 1972.
- Weber J. R., Goodacre A. K. A reconnaissance underwater gravity survey of Lake Superior. The earth beneath the continents.— Geophys. Monograph, 1967, N 10.

Е. А. Радкевич

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ КАНАДСКИХ КОРДИЛЬЕР

Участие в экскурсии, организованной Международным геологическим конгрессом в Канаде, с пересечением Скалистых гор и Кордильер позволило познакомиться не только с общей геологией и тектоникой этой интересной молодой складчатой системы, но и с особенностями ее металлогении, отчетливо представилось все своеобразие длительного развивавшейся полициклической эвгеосинклинали Кордильер, протягивающейся по обрамлению Тихого океана, сложность и многоэтапность ее развития, а также интересные черты своеобразных в структурном отношении Скалистых гор, образованных из миогеосинклинали, развившейся на погруженном фундаменте Канадского щита и характеризующейся чрезвычайно широким развитием пологих надвигов, тектонических пластин на Канадский щит.

Маршрут экскурсии проходил близ границы с Соединенными Штатами примерно по параллели 49°, причем мы имели возможность ознакомиться с особенностями строения и развития различных структурно-формационных зон. В металлогеническом отношении сравнительно мало данных мы получили по миогеосинклинальной области Скалистых гор, где практически вплоть до западной их окраины почти отсутствуют магматические и рудные проявления. Однако чрезвычайно интересными представились для нас общие особенности стратиграфии и структуры этого уникального горного сооружения. В восточной части складчатой системы широкое развитие имеют палеозойские, в основном карбонатные отложения, которые распространяются далеко на восток, образуя там платформенный чехол, перекрытый осадками триаса, юры, мела и палеоцена. С передвижением на запад от хребтов подножия к передовым хребтам и собственно Скалистым горам мощность этих карбонатных толщ возрастает; они представлены здесь осадками пенсильванского (пермь) и миссисипского возраста (карбон), которые отделены несогласием от фаменских отложений, а последние в свою очередь несогласно с разрывом залегают на франских отложениях. Резкое несогласие отделяет девонские образования от нижележащих силурийских, ордовикских, кембрийских (верхний, средний, нижний кембрий), которые в свою очередь с угловым несогласием перекрывают докембрийские бельтские отложения формации Перселл. Общая мощность осадков резко возрастает в Скалистых горах (Bally et al., 1966), где был локализован главный миогеосинклинальный палеозойский прогиб, развившийся на платформенном древнем основании. Тектонический стиль Скалистых гор весьма своеобразен и характеризуется проявлением многочисленных пологих надвигов с движением пластин в сторону Канадского щита. Канадские геологи отмечают сравнительно небольшие амплитуды перемещений пластин (до 10 км) при общем горизонтальном сокращении горного сооружения Скалистых гор примерно на 250 км.

В западном направлении, с приближением к Рву Скалистых гор, в ядрах складок вскрываются и более древние терригенные формации

бельтской серии, которые участвуют здесь в общей пластинчато-надвиговой структуре горного сооружения. В этих древнейших толщах на западе Скалистых гор располагаются стратиформные месторождения свинца и цинка — в аргиллитах и карбонатных породах, а также медные месторождения типа медистых песчаников.

На западе Скалистые горы круто обрываются у так называемого Рва Скалистых гор — крупнейшей тектонической долины, протягивающейся более чем на 1450 км только на территории Канады и прослеживающейся к югу в пределы США.

На пересечении нашего маршрута Ров Скалистых гор предстал перед нами как неширокая долина (около 11 км шириной), слабо всхолмленная, выполненная молодыми третичными и четвертичными отложениями, из-под которых на небольших возвышенностях вскрываются и более древние породы. Эта долина имеет тектоническое происхождение и представляет «полуграбен», ограниченный на востоке сбросом, падающим в западном направлении (Monger, Preto, 1972). Крутой стеной встают на востоке обрывистые Скалистые горы. Отчетливо видны лежащие складки, в которых участвуют, главным образом, миссисипские карбонатные отложения (карбон), пенсильванские карбонатные отложения (пермь), а также и более древние толщи, включая протерозойские кластические осадки бельтской серии. В обрывах видны мощные пластовые залежи древних габброидов, окруженные полосами осветления (доломитизация).

Древнейшие докембрийские толщи, наблюдавшиеся нами к востоку от Рва Скалистых гор, широкое развитие получают и к западу от него, где они слагают так называемый массив Персел, представляющий антиклинорий, погружающийся к северу. На протерозойских отложениях — сланцах, кварцитах, доломитах залегают здесь разновозрастные толщи. В одних случаях это континентальные красноцветные осадки девона с отпечатками рыб, в других — отложения кембрия, ордовика, силура. Характерно, что для массива Персел уже совсем несвойственны горизонтальные структуры типа лежащих складок, осложненных надвигами. Здесь проявлены сравнительно простые открытые, иногда концентрические складки. Это позволяет предполагать, что Ров Скалистых гор представлял и в прошлом какую-то определенную структурную линию, разделявшую территорию различного типа развития, которая лишь в третичное время была омоложена и получила резкое геоморфологическое выражение.

Расположенная к востоку от Скалистых гор складчатая система Кордильер является неоднородной и расчленяется на продольные структурно-формационные зоны различного геологического строения и различной истории развития (рис. 11). Характерной особенностью этого отрезка Кордильер является широкое распространение древних массивов, в том числе сложенных метаморфическими толщами, которое показывает, что Кордильерская мезозойская эвгеосинклиналь развивалась уже на складчатом основании и в целом эта эвгеосинклинальная область характеризуется полициклическим развитием с неоднократным вовлечением ее в осадконакопление, прерываемое проявлениями складчатости и магматизма. В восточной ее части (массив Персел) эта область как бы продолжает миогеосинклиналь Скалистых гор. Далее же к западу все большее значение приобретают элементы эвгеосинклинального развития, выражающиеся в многократном излиянии мощных лав, главным образом базальтового состава. Проводя расчленение в крупном плане, здесь (Monger, Preto, 1972) можно выделить несколько систем (рис. 12): 1) восточный кристаллический пояс Оминек, который в свою очередь разделяется на массивы Персел, Селкирк, Монаши; 2) межгорный пояс обширного Внутреннего плато; 3) пояс Каскадных гор, который на территорию Канады переходит из США лишь

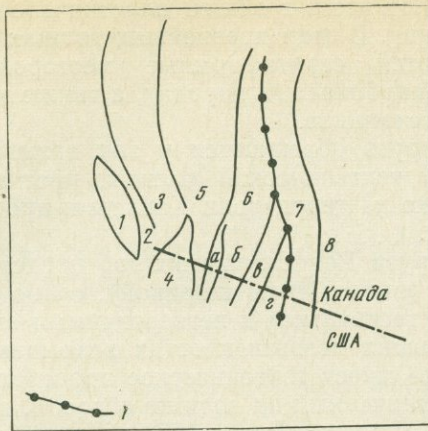


Рис. 11. Тектоническое районирование южной части Канадских Кордильер (Monger, Preto, 1972)

- 1 — Островная зона;
- 2 — зона Джорджия;
- 3 — зона Берегового хребта;
- 4 — зона Каскадных гор;
- 5 — зона Внутреннего плато;
- 6 — зона Колумбийских гор (массивы):
а — Оконаган, б — Монаши, в — Селкирк, г — Перселл;
- 7 — зона Скалистых гор;
- 8 — Внутренние равнины;
- 1 — Ров Скалистых гор

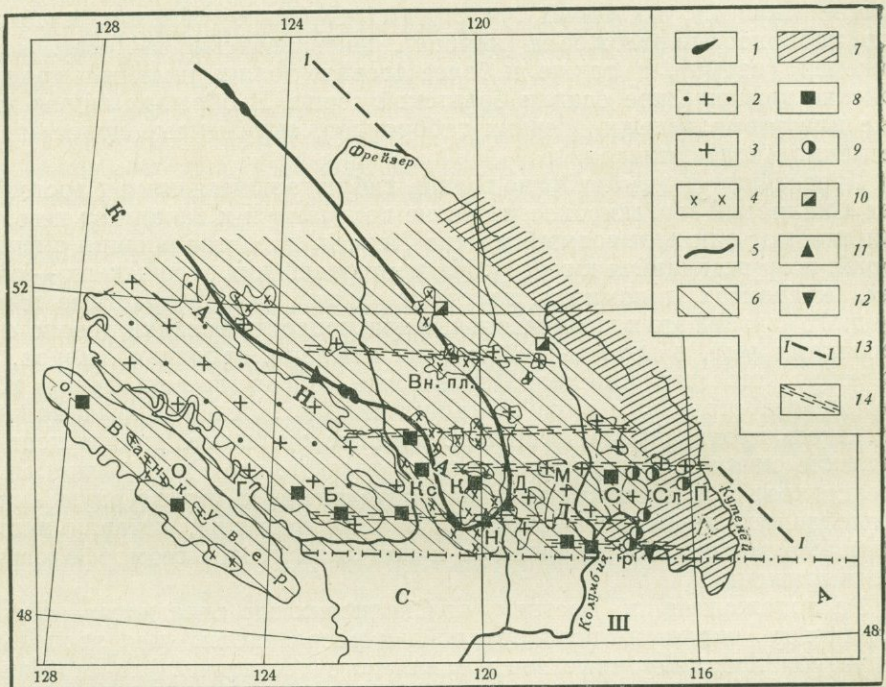


Рис. 12. Распределение изверженных пород и месторождений в тектонических структурах южной части Канадских Кордильер (составила Е. А. Радкевич по материалам канадских исследователей, *Geology and Economic Minerals of Canada*, 1970 — карты, Monger, Preto, 1972; Fyles, Hewlett, 1959)

- | | | |
|--|---|-----------------------------|
| 1 — ультраосновные породы; | таллических месторождений; | Г — Джорджия, |
| 2 — гранитоиды Берегового хребта от юрских до эоценовых; | 8 — медь, | Б — Береговой хребет, |
| 3 — юрско-меловые гранитоиды восточной части Кордильер; | 9 — свинец и цинк, | Кс — Каскадные горы, |
| 4 — триасовые гранитоиды Внутреннего плато и Островной зоны; | 10 — молибден, | Вн. пл. — Внутреннее плато, |
| 5 — граница Внутреннего плато; | 11 — золото, | М — Монаши, |
| 6 — область развития медных и золотых месторождений; | 12 — вольфрам; | С — Селкирк, |
| 7 — область развития полиметаллических месторождений; | 13 — разломы, в том числе Ров Скалистых гор; | П — Перселл; |
| | 14 — линии концентрации интрузий и месторождений; | рудные месторождения: |
| | тектонические зоны: | К — Коппер Маунтэйн, |
| | О — Островная, | Д — Дасты Майн, |
| | | Н — Никель Плейт, |
| | | Р — Реевс Майн Мак Дональд, |
| | | Сл — Салливан |

сравнительно узким окончанием; 4) Береговой плутонический пояс; 5) Островной пояс.

Каждая из этих структурных единиц имеет и свои металлогенические особенности.

Кристаллический пояс Оминка, граничащий со Скалистыми горами по Рву Скалистых гор, состоит из трех массивов: 1) уже отмеченного восточного массива Персел, заключенного между крупными тектоническими швами — Рвом Скалистых гор и Рвом Персел; 2) массива Селкирк и 3) массива Монаши. Массивы отграничены друг от друга структурными швами. Эти тектонические линии подходят под острым углом к рву Скалистых гор, ориентированному в северо-западном направлении, и представляют как бы оперение этой гигантской системы тектонических трещин. Массивы Селкирк и Монаши в южной части меняют направление своего удлинения от меридионального на юго-западное, образуя так называемую Кутенейскую дугу, обращенную выпуклостью на юго-восток. Южное продолжение этой системы после значительного перерыва в области развития вулканитов на территории США усматривается в структурах Невалейских гор.

Массив Персел, как отмечалось, представляет особый интерес, как участок развития крупнейших полиметаллических месторождений. Именно здесь находится уникальное крупнейшее в мире свинцово-цинковое месторождение Салливан, которое приурочено к аргиллитам нижней части бельтской формации — свите олридж. Месторождение образует грубосогласную залежь, падающую под углом около 50° . В прошлом некоторые геологи рассматривали его как мезозойское эпигенетическое месторождение, возникшее путем замещения глинистых толщ. Однако последние исследования как будто однозначно определяют сингенетическую природу первичного оруденения. На глубине рудная залежь представлена тонкополосчатыми рудами, в которых прослойки тонкозернистых галенит-сфалеритовых руд чередуются с темными глинистыми слоями и смяты совместно с ними в сложные складки. Возраст руды, определенный свинцовым методом, 1350 млн. лет. Рудное тело пересекается штоком габброидов и дайками диоритов возраста 1150 млн. лет. Таким образом, убедительно доказывается протерозойский возраст оруденения. Очевидно, под влиянием поздних интрузий руды верхней части месторождения перекристаллизованы, стали более крупнокристаллическими. За счет первичной пиритовой залежи возникла при метаморфизме пирротиновая залежь, а само рудное тело окружено мощным ореолом гидротермального изменения — турмалиновыми роговиками, альбитовыми метасоматитами, зонами хлоритизации. Таким образом, месторождение, по-видимому, является первично осадочным, регенерированным при наложении поздних мезозойских основных и средних интрузий. Интересно, что в рудах месторождения Салливан содержится олово — в среднем 0,05% (местами до 0,2%) в рудах. Его присутствие связано с мелкими включениями тонковкрапленного касситерита. За время эксплуатации из месторождения Салливан добыто 8 тыс. т олова, а ежегодно добывается до 300 т.

Антиклинорий массива Персел, сложенный бельтскими отложениями, обрамлен кембрийскими породами, представленными известково-терригенной серией. Вдоль западного крыла антиклинория Персел протягивается свинцово-цинковый пояс Сальмо с многочисленными полиметаллическими стратиформными месторождениями, приуроченными к доломитизированным известнякам. Здесь до трех десятков месторождений: Аспен, Джерсей, Риевес Мак-Дональд и многие другие. Месторождения имеют характер пластовых залежей, падающих согласно с полого залегающими вмещающими породами (Fyles, Hewlet, 1959). Однако форма рудных тел иногда значительно осложнена, что указывает на существенную роль метасоматических процессов в их образовании. Месторождение

Риевес Мак-Дональд, приуроченное к зоне эпигенетической доломитизации известняков, характеризуется стратиформным характером, а также тонкополосатым строением с параллельным расположением тонких лент руды в доломитизированном известняке. По-видимому, это месторождение, как и другие ему подобные, является уже эпигенетическим, может быть образованным за счет заимствования металлов из глубже залегающих свинец и цинк содержащих отложений бельтской серни.

Расположенный западнее массив Селкирк характеризуется развитием метаморфических образований, включая обширные гнейсовые купола. Метаморфизмом затронуты здесь и мезозойские отложения, включая триасовые метабазальтовые толщи, причем отмечается зональность в распределении метаморфических фаций от гнейсов в ядре купола до слабо метаморфизованных в зеленосланцевой фации пород на периферии купола. Возраст метаморфизма, возможно полихронного, в его поздних проявлениях датируется как мезозойский. В сравнительно простой структуре гнейсовых ядер усматриваются горизонтально лежащие складки и плйчатость, опрокинутые к востоку. На периферии гнейсового купола расположены серебро-свинцовые месторождения и проявления золота. Возможно, оруденение связано с мезозойскими интрузиями, которые здесь образуют крупные массивы. Эти интрузивы представлены однородными гранитоидными породами повышенной основности типа гранодиоритов и кварцевых монцонитов, местами приобретающие грубопорфировидное строение с вкрапленниками полевого шпата до 1—1,5 см в поперечнике. Признаков автоматосаматического и гидротермального изменения гранитоидов нами не замечено. Обильные шпирь темноцветных пород указывают на возможную роль ассимиляции гранитной магмой вулканических образований типа метабазальтов.

Массив Селкирк отделен от расположенного западнее массива Монаши в свою очередь тектонической долиной р. Колумбия, также отмеченной расположением длинных и узких озер.

Массив Монаши, как и Селкирк, характеризуется развитием метаморфических пород того же комплекса, а также поздних палеозойских вулканических толщ с прослоями известняков и ультраосновных пород, метаморфизованных до зеленосланцевой фации. Триасовые и юрские аргиллиты и вулканические породы обычно слабо метаморфизованы. Они преобладают на западе близ долины р. Окананган, отграничивающей массив Монаши от лежащего далее Внутреннего плато. Как и в массивах Селкирк и Перселл, здесь развиты крупные штоки кварцевых диоритов, гранодиоритов и в небольшом количестве мелкие сиенитовые и монцонитовые интрузии третичного возраста.

Для массива характерно проявление третичной блоковой тектоники и местами вулканизма — риолиты, трахандезиты, фонолиты, возможно эквиваленты третичных субщелочных интрузивных пород. С субщелочными интрузиями, видимо, связано образование некоторых скарновых месторождений, в частности месторождения Феникс в группе Гранд Форк.

Далее к западу располагается обширное *Внутреннее плато*, представлявшее область устойчивого воздымания с позднего триаса, характеризующееся развитием верхнепалеозойских и частью триасовых вулканических пород и гранитоидов триасово-юрского возраста. Это плато отмечает собой как бы зону раннего воздымания в сложной эвгеосинклинали Кордильер. Наряду с триасово-юрскими гранитоидами здесь известны и более молодые меловые, а также проявлены эоценовые щелочные лавы. Здесь известны медные и золоторудные месторождения. Интересными являются медные месторождения Копер Майнтейн и Ингребел. Месторождение Копер-Маунтейн расположено на северо-восточной окраине удлиненного штока концентрически дифференцированных щелочно-основных пород, варьирующих от пироксенитов до анортозитовых пегматитов. Медное оруденение локализовано в узком поясе измененных верхнетриа-

совых андезитовых вулканитов, зажатых между главным штоком и сателлитами монзонито-сиенитового комплекса на северо-востоке. Рудовмещающие вулканиты превращены в биотитовые роговики, интенсивно альбитизированные и подвергавшиеся хлорит-эпидотовому изменению. Они пересечены жилами своеобразных кальцит-биотит-полевошпатово-сульфидных пегматоидных пород. Эти пегматоидные образования представляют жилы выполнения трещин. Сульфиды — пирит, халькопирит и местами борнит — тесно связаны с биотитом и калиевым полевым шпатом, хотя здесь отчетливо устанавливается и предрудное многостадийное изменение вулканических пород. Интересно, что в жилах совершенно отсутствует кварц, что подчеркивает специфические особенности химизма постмагматических растворов, связанных с родоначальным комплексом основных и щелочных пород. Сульфидоносные жилы секутся дайками фельзитов мелового возраста. Предполагается, что оруденение связано с тем же глубинным магматическим очагом, который дал и рудовмещающие базальты, и секущие их пироксениты, и пегматиты.

Интересный тип золотого месторождения представляет Хедлей (Никель Плет), также связанного с дериватами основной магмы. Месторождение приурочено к разлому и характеризуется развитием верхнетриасовых аргиллитов, туфов, известняков, кварцитов, пересеченных интрузиями юрских диоритов и габбро и более поздних, возможно, также юрских гранодиоритов. Золотой рудник этого месторождения дал за два периода эксплуатации (1896—1930 гг. и 1934—1958 гг.) в общей сложности 3 млн. унций золота. Это месторождение представлено залежами гранат-пироксеновых скарнов, образованных за счет метаморфизма известняков, заключающими сульфидные тела. Минерализация месторождения сложная и отражает его генетическую связь с основными магмами. Главным минералом является золотосодержащий арсенопирит, который ассоциирует с леллингитом, самфлоритом, кобальтином, пирротинном, сфалеритом, халькопиритом, золотом, пиритом и марказитом. В настоящее время рудник законсервирован.

Примером молодого (эоценового) золото-серебряного месторождения является рудопоявление Дасти Майн, приуроченное к эоценовым лахаровым брекчиям, к востоку от сброса р. Оканаган. В зоне окварцевания и в кварцевых брекчиях находится макроскопически видимое золото, самородное серебро в виде дендритов. Здесь содержатся и сульфоантимониты серебра.

Далее к западу от Внутреннего плато за разломами близмеридионального направления располагается зона *Каскадных гор*, которая здесь резко сужена по сравнению с территорией Соединенных Штатов. В пределах этой зоны выделяются две подзоны: восточная, характеризующаяся развитием осадочных пород юрско-мелового возраста, достигающих здесь суммарной мощности в несколько километров, сформированных в наложенном узком прогибе, и западная, где проявлены уже интрузивные породы, сопровождающиеся ореолом метаморфических изменений. Каскадные горы ограничиваются на западе тектонической меридиональной долиной р. Фрезер от Берегового хребта, характеризующегося широким развитием гранитоидов.

Огромный батолит Берегового хребта по масштабам и размерам является уникальным в мире. Если раньше этот массив считали однофазным и единым, то теперь устанавливается его гетерогенность и гетерохронность с проявлением триасовых, юрско-меловых и эоценовых гранитоидов. Вдоль разлома, продолжающего направление долины р. Фрезер, вытянуто узкое удлиненное тело диоритов, несущее отчетливые признаки гибридности и формирования его за счет замещения метабазальтовых пород.

Видимо, именно этот тип образования интрузивов и обуславливает регионально повышенную основность гранитоидов, а также и их метал-

логеническую специализацию, выражающуюся в преимущественном проявлении меди и местами золота. К разлому р. Фрезер приурочены тела ультраосновных пород и связанные с ними медно-никелевые месторождения.

Сравнительно мало выявлена металлоносность главного массива Берегового хребта, что, возможно, связано с его значительной эрозией. Береговой батолит ограничен на западе проливом Джорджия, отделяющим континент от о-ва Ванкувер, где намечается уже новая металлогеническая зона со своими особенностями. Остров Ванкувер принадлежит к крайней западной, так называемой Островной зоне и характеризуется мощным развитием осадочно-вулканогенных формаций верхнего палеозоя и триаса, прорванных триасовыми и позднемезозойскими (?) гранитоидами. В осадочно-вулканогенных толщах верхнепалеозойского возраста здесь известны стратиформные медно-полиметаллические сульфидные колчеданные залежи.

Интересной особенностью развития эвгеосинклинали в пределах островной зоны является по меньшей мере трехкратное повторение циклов: карбонового, триасового и эоценового, сопровождающихся своими интрузивными проявлениями как основного (габбро), так и кислого ряда.

Предполагается, что эти формации развивались на океанической коре. Однако на юге о-ва Ванкувер видно, что их непосредственно подстилают гнейсы неизвестного возраста, предположительно относимые к девону или более древним образованиям. Несомненно, что металлогеническая зона имела продолжение и далее, к западу, и была перекрыта водами Тихого океана в период общего поднятия эвстатического уровня мирового океана. Таким образом, истинные границы островной зоны, как и всей системы Северо-Американских Кордильер на западе, не оконтуриваются.

Заключая характеристику описанных зон, можно отметить, что эвгеосинклираль Северо-Американских Кордильер имела длительное и сложное развитие. Вся система мезозойских рудных месторождений Канадского отрезка Тихоокеанского пояса четко разграничивается на две принципиально отличные области: восточную — миогеосинклинальную, развившуюся несомненно на сиалическом основании Канадского щита, и западную — эвгеосинклинальную, имевшую сложное развитие в различных ее участках.

Восточная зона миогеосинклинали характеризуется проявлением полиметаллической менерализации, частично вольфрамовой и оловянной; западная является по преимуществу меденосной и золотоносной. Месторождения этой территории разновозрастны и формировались, начиная с протерозоя (Салливан) и кончая эоценом. Важное влияние на распределение рудоносных интрузий оказывает различный режим развития структурных зон.

В частности, относительно раннее воздымание Внутреннего плато обусловило проявление здесь раннемезозойских (триасовых и юрских) месторождений, а также наложение по разломам и более молодых месторождений, до эоцена включительно.

Помимо продольной зональности намечаются элементы и поперечных зон. В частности, южная окраина Канады, как и север США, характеризуются обилием интрузивных пород, как бы подчеркивающих в своем расположении ослабленную широтную тектоническую зону. К широтным же тектоническим элементам приурочены и в большинстве своем рудные месторождения, располагающиеся цепочками. На восточном окончании широтной зоны максимального сгущения рудных проявлений в области передового хребта Скалистых гор известны выходы щелочных вулканитов, которые тоже как бы подчеркивают значение широтной тектонической линии. Эта пограничная широтная тектоническая зона может рас-

смаивриваться, как одна из многих, характерных для мезозойской складчатой области Северо-Американских Кордильер, трассирующих существование крупных близширотных тектонических элементов.

Литература

- Bally A. W., Gordy P. L., Stewart G. A.* Structure, seismic data and orogenic evolution of the Southern Canadian Rocky Mountains. Shell Canada Limited Calgary and Edmonton. July, 1966.
- Fyles James T., Hewlett C. G.* Stratigraphy and structure of the Salmo Lead-Zinc Area.— British Columbia Department of Mines. Bull., 1959, N 41. Geology and Economic Minerals of Canada.— Geol. Surv. Canada. Economic geology. Rep., N 1, 1970.
- Monger J. W., Preto V. A.* Geology of the Southern Cordillera.— Intern. geol. congr. XXIV session. Exc. A-03, C-03. Montreal, Quebec, 1972.

В. В. Щербина

МЕДНО-МОЛИБДЕНОВАЯ ФОРМАЦИЯ КАНАДЫ

В общей систематике рудных месторождений медно-молибденовая формация занимает совершенно определенное положение.

Исторически этот тип месторождений стал известным позже олововольфрам-молибденовых, которые первоначально были главным источником этих трех металлов.

Вначале халькопирит-молибденитовые месторождения считались экзотическими, но по мере обнаружения все новых и новых месторождений с солидными запасами меди и молибдена этот тип приобрел самостоятельное значение (как промышленно важный) как в отношении меди, так особенно в отношении молибдена. Если собственно молибденитовые месторождения (обычно небольшие по запасам) связаны бывают с пегматитами или с высокотемпературными кварцевыми пиритсодержащими жилами, а молибденит-вольфрамитовые относятся к грейзеновой формации, а молибденит-шеелитовые к скарнам, то молибденит-халькопиритовая формация является типично среднетемпературной гидротермальной. Она представлена месторождениями преимущественно штокверкового типа (или типа брекчиевых трубок) и имеет палеозойский, мезозойский или третичный возраст.

С точки зрения различия химических свойств и разного положения в периодической системе элементов, парагенезис меди и молибдена не находит себе простого объяснения, пока в 1935 г. Э. Кордес (Kordes, 1935) не высказал концепцию о зависимости последовательности выделения сульфидных минералов от величины упругости паров серы при их термической диссоциации: чем выше упругость паров серы над сульфидом, тем позже время его выделения в общей последовательности сульфидного рудоотложения. В этом ряду, основанном на физико-химических равновесиях, кривые упругости паров серы над сульфидами меди и молибдена почти совпадают, объясняя их ассоциацию в этом типе месторождений. Правда, во многих случаях, и в том числе на многих канадских месторождениях, выделение халькопирита несколько предшествовало выделению молибденита, хотя общность их источника не вызывает сомнения.

Рассматривая в чисто химическом аспекте формы переноса меди и молибдена, можно также наметить черты их сходства. Молибден образует легкорастворимые тиосоли типа K_2MoS_4 , перегретые водные растворы которых с железистыми силикатами и алюмосиликатами вмещающих горных пород легко реагируют по схеме: $K_2MoS_4 + Fe\text{-силикат} = MoS_2 + FeS_2 + SiO_2 + K\text{-силикат}$ (серицит). Сульфиды меди показывают повышенную растворимость в щелочных сульфидах, которые, реагируя по той же самой схеме с железистыми силикатами и алюмосиликатами, будут связывать медь с железом в сульфид — халькопирит — $CuFeS_2$ спутным образованием серицита и кварца.

Существует одна любопытная особенность химических элементов, отмеченная мною еще в 1963 г.: в зависимости от положения в

периодической системе одни проявляют специфическое сродство к фтору (Li, Be, W и другие), тогда как другие проявляют специфическое сродство к хлору (Fe, Cu, Mo), на чем основано разделение сходных элементов (галлия и индия, отчасти вольфрама и молибдена) с образованием характерных ассоциаций.

Изоморфизм MoO_2 и TiO_2 находит свое отражение в резко повышенных содержаниях молибдена в аксессуарных титановых минералах горных пород, в частности гранитоидов — в титаномагнетите, ильмените, сфене (Таусон и др., 1970; Студеникова и др., 1971). Захват этими минералами значительных количеств молибдена противодействует его накоплению в остаточных рудных флюидах. Наоборот, бедность породы титановыми минералами, накопление серы и щелочей в рудном флюиде благоприятствует образованию молибденитовых месторождений.

Необходимо отметить еще очень важную особенность молибдена — приуроченность его месторождений только к определенным металлогеническим территориям. Так, на огромной территории СССР такими регионами являются Кавказ и Закавказье, Центральный Казахстан, Узбекистан, отдельные районы Забайкалья.

Аналогичным образом для Канады металлогеническими территориями молибдена является на юго-западе Канады Межгорный пояс Британской Колумбии, сложенный юрскими, триасовыми и верхнепалеозойскими горными породами, в которых залегают медно-молибденитовые промышленные месторождения мезозойского (верхнеюрского) возраста и на востоке Канады, где в провинции Квебек находятся почти не имеющие промышленного значения высокотемпературные месторождения молибденита, залегающие в пегматитах, в аплитовидном сиените, относимые по возрасту к гренвильской серии (предположительно, архей).

Из этих двух молибденитовых регионов Канады автор имел возможность познакомиться с более интересными из них — с месторождениями меди и молибдена Британской Колумбии как в результате личных наблюдений, во время предконгрессной геологической экскурсии, так и по путеводителю этой экскурсии, содержащему обстоятельные статьи многих канадских геологов, а также по многочисленным изданиям почти по каждому из девяти осмотренных нами месторождений. Из них одно (Эндако) является существенно молибденитовым, с запасами молибдена в 280 тыс. т (второе в капиталистическом мире по запасам молибдена), три — медно-молибденитовыми, три — существенно медными, одно — медно-цинковое и одно — скарновое магнетитовое с халькопиритом.

Для экономической характеристики приведем: 1) запасы руд меди и молибдена и их процентное содержание в рудах по отдельным месторождениям, 2) их суточную добычу, 3) количество добытых металлов до конца 1970 г. (см. таблицу).

Рассматриваемые месторождения, как указывают канадские авторы, по убывающей степени важности относятся к порфирировым, массивным сульфидным и скарновым месторождениям мезозойского и третичного возраста. Они располагаются в пределах Канадских Кордильер, которые расчленяются на пять субмеридиональных параллельных поясов, грубо приближенно каждый из которых (Morgen et al., 1972) при ширине около 200 км протягивается более чем на 2000 км. В пределах каждого пояса геология и рудные месторождения более или менее однотипны.

С запада на восток выделяются следующие пояса (Morgen et al., 1972; Ney, Sutherland-Brown A, 1972): 1) Островной, 2) Прибрежный кристаллический, 3) Межгорный, 4) Оминека, 5) Восточный краевой.

Границей поясов обычно служат разломы и надвиги. Островной пояс в Британской Колумбии состоит в основном из мощной толщи триасовых морских базальтов, покрытых слоем осадочных образований: известняков, черных морских сланцев и т. д.

Прибрежный кристаллический пояс — это плутонический комплекс метавулканических и гранитоидных пород, в основном от позднеюрского до раннетретичного времени.

Межгорный пояс — самый широкий и расчленяется на подразделы; он сложен изверженными и осадочными породами позднепалеозойского, триасового и юрского возраста.

Пояс Оминека сложен характерными метаосадками и их производными протерозойского и раннепалеозойского возраста.

Запасы и добыча медно-молибденовых месторождений Канады

Месторождения	Запасы руды в млн. т и содержание, %	Суточная добыча руды, тыс. т	Добыто до 1970 г., тыс. т
Британия	3,3; меди 1,5%	2,7	Меди 450, цинка 123
Тэксэда		3,2	Железа 7650; меди 14
Айленд Каппэр	250; меди 0,52%; молибдена 0,029%	30	
Гренайл	80; меди 0,44%	54 (проект 12,5)	Меди 47,75
Эндако	188; молибдена 0,15%	24	Молибдена 35
Гибралтар	322; меди 0,37%; молибдена 0,016%	27	—
Лорнекс	264; меди 0,427%; молибдена 0,014%	34	—
Бетлехем	44; меди 0,51%	13	Меди 130
Ингербелл	68	13	Меди 304

Восточный краевой пояс представляет собою предгорную складчатую зону, образованную палеозойскими и более ранними осадками.

Рассмотрение месторождений начнем с самого западного Островного пояса, характеризующегося специфической стратиграфией (Ney, Sutherland-Brown, 1972). Мощный (4500 м) триасовый океанический базальт формации Кармутсен, покрытый верхнетриасовым известняком формации Катсино мощностью 600 м, прорывается несколькими небольшими интрузивами гранодиорита, среднезернистого, богатого темноцветными минералами (авгитом), переходящего в кварцевый диорит иногда с крупными кристаллами пироксена. Родственные дорудные серо-зеленые полевошпатовые порфиры, кроме фенокристов полевого шпата, содержат роговую обманку. Скарн, состоящий из граната, пироксена, эпидота и актинолита, и магнетит-халькопиритовая руда замещают собой известняк и базальт.

Скарновое магнетитовое с халькопиритом и не содержащее молибдена месторождение Тэксэда расположено на западном берегу острова того же названия в его средней части около залива Джилли. Месторождение разрабатывается с 1885 г., но интенсивная разработка велась с 1952 по 1970 г. и было добыто 16,5 млн. т руды, из которых было получено 8,8 млн. т железного концентрата, содержавшего 65% железа, 16,5 тыс. т меди, 12 758 кг серебра и 567 кг золота (отношение серебро: золото = 22,5 (Щербина, 1956).

Скарн располагается на контакте диорита или гранодиорита с известняком, образуя зону мощностью до 50 м. Диорит на контакте со скарном хлоритизирован, а известняк подвергся частичной кристаллизации. Скарн состоит в основном из андрадита, меньше из ярко-зеленого эпидота, геденбергит-диоксида и актинолита, содержа немного кальцита, магнетита и пирита. Четыре рудные тела составляют $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{4}$ от объема скарна и в основном располагаются между скарном и известняком, примыкая к известняку, но не к изверженной породе.

Магнетит — низкотитанистый, содержит от 1 до 3% сульфидов: халькопирита и пирита, реже — пирротина, арсенопирита и сфалерита. Сульфиды обильны в той части скарна, которая образовалась за счет известняка.

Следующее, также безмолибденовое медно-цинковое месторождение Британия находится во втором (к востоку) Прибрежном поясе мезозойских гранитоидных пород.

Рудник «Британия», эксплуатируемый акционерным обществом «Анаконда», расположен в 64 км по дороге к северу от города Ванкувера, разрабатывается с 1905 г. Годовая добыча руды составляет 540 000 т с 1,35% меди, 0,06% цинка, а также добываются кадмий, серебро и золото. Это — наиболее продуктивный из медных рудников Британской Колумбии.

Стратиграфический разрез «Британии» состоит по А. Сезерленд — Брауну из пирокластических пород андезитового или дацитового состава (группа Гамбье), перекрывающихся и переслаивающихся сланцами и алевритами и покрытых черными морскими сланцами и алевритами.

Калий-аргоновое определение абсолютного возраста пород батолита Сквамиш, который интрузирует выступ преимущественно вулканических пород, вмещающих «Британию», дает 92 ± 4 млн. лет (верхний или средний мел).

Образование рудного месторождения, по данным А. Сезерленд — Брауна, и более поздняя интрузия серии дацитовых даек предшествовала интрузии этого плутона.

Зона разлома «Британии» представлена полосой интенсивной деформации шириной от 400 до 800 м. На протяжении 4 км располагаются 10 крупных рудных тел, вытянутых вдоль этой зоны разлома.

Наряду с массивными сульфидами и сульфидными прожилками параллельно сланцеватости наблюдается штокверковый тип оруденения. Наиболее распространенный сульфид — пирит, располагающийся в периферической части зональных рудных гнезд, к центру — более бедные и в ядре — богатые медные руды (халькопирит). Достаточно часто встречаются гнезда бурого сфалерита. Менее распространены галенит, теннантит и тетраэдрит.

Метаморфизм горных пород соответствует зеленокаменной фации. Наиболее распространенными нерудными минералами являются кварц, серицит и хлорит. Из вторичных следует назвать ангидрит и сидерит.

Айленд Каппер — медно-молибденовое порфиоровое месторождение, расположенное на северной оконечности о-ва Ванкувер, в 13 км к югу от порта Гарди. Геологический разрез по К. Норткоту характерен для Островного пояса и, как в Тэксэда, представлен триасовыми (формация Кармутсен), океаническими базальтическими «подушечными» лавами, брекчиями и туфами мощностью от 3300 до 6700 м, которые перекрываются верхнетриасовыми известняками формации Катсино, мощностью от 100 до 820 м. Месторождение по К. Норткоту связано с небольшой кварц-порфиоровой интрузией и располагается в верхней части мощной толщи мезозойских горных пород.

Медная минерализация представлена тонко рассеянным халькопиритом в кварцевых прожилках и брекчированных и измененных породах, часто ассоциирующим с мелкозернистым магнетитом. Встречается борнит. Молибденит выполняет трещины в кремнеземных зонах, затронутых процессами серицитизации и окварцевания. В месторождении встречаются пирофиллит и дюмортьерит $(Al, Fe)_7O_3(BO_3)(SiO_4)_3$, но не бледно-фиолетового, как в Казахстане, а синего цвета. Месторождение открыто в 1965 г. методами геохимических поисков и первую продукцию дало в конце 1971 г.

К месторождениям Межгорного пояса принадлежит медное месторождение Гренайл, находящееся в центре о-ва Мак Дональда, вблизи

северного конца оз. Бэбин Лейк, в 65 км к востоку от города Смизерса. Хотя первые находки руды были сделаны в начале этого столетия, но по-настоящему разработки начались в 1966 г., и к концу 1970 г. продукция составила более 9 млн. т руды приблизительно с 47 750 т меди, 14 345 кг серебра, 1530 кг золота ($Ag : Au = 9,4$).

Остров Мак-Дональд по Н. Картеру сложен преимущественно вулканическими верхнетриасовыми (алевриты, известняки, андезиты) и юрскими (обломочные андезиты и риолиты, вулканические песчаники и конгломераты) отложениями. Эти породы прорываются плутоническими породами раннеюрской фазы интрузии Топли. Третичные интрузивы представлены кварцевыми латитами и дацитовыми порфирами (с которыми не связана существенная минерализация) и биотит-полевошпатовыми порфирами кварц-диоритового состава, с которыми связано орудование. Калий-аргоновое определение абсолютного возраста по 10 биотитам дало средний возраст $51,2 \pm 2$ млн. лет (средний эопен).

Сульфидная минерализация представлена халькопиритом, борнитом и пиритом. В южной половине рудной зоны преобладает борнит, в северной — магнетит и спекулярит в ассоциации с пиритом и халькопиритом. Любопытно присутствие апатита, который в кварцевых жилах ассоциирует с борнитом и халькопиритом. Молибденит встречается локально в пределах рудной зоны в прожилках друзовидного кварца, которые образовались позже, чем рудные сульфидные минералы.

По Н. Картеру, зона калиевого метасоматоза переходит наружу в кварц-серицит-карбонат-пиритовую зону округло-эллиптической формы с осями 1000×1200 м.

За пределами пиритового ореола многие породы подверглись пропилитизации (хлорит, карбонаты, эпидот).

Молибденовое месторождение Эндако — крупнейшее в Канаде и после Клаймакса (Колорадо, США) — второе в капиталистическом мире. Оно находится к северу от восточного окончания оз. Франсуа и в 185 км к западу от г. Принц Джордж. По данным Э. Кимура, А. Друммонда и К. Даусона, месторождение расположено в сложной юрской интрузии Топли. Она находится в древнем кварцевом монзоните Эндако, к которому примыкает с юга гранит Франсуа, с севера — аляскит Кези и гранит Франсуа, с севера — аляскит Кези и гранит Гленаннан. Все это верхнеюрские породы возраста 134—141 млн. лет. Рудное тело относится к типу низкопроцентных порфириновых месторождений, оно эллиптической формы и имеет в длину 1920 и в ширину 360 м. Наиболее распространенными рудными минералами являются молибденит, пирит и магнетит; небольшие количества халькопирита и следы сфалерита, борнита, спекулярита, шеелита, одиночные находки берилла и бисмутинита. Последовательность выделения минералов: кварц — магнетит — молибденит — пирит — халькопирит и молибденит поздней стадии. Молибденит встречается в жилах двух типов: мощные жилы от 15 до 125 см, содержащие пластинчатый или рассеянный молибденит и тонкие трещины и прожилки из кварца и молибденита, формирующие штокверк, примыкающий к мощным жилам. Довольно широко распространено брекчирование больших жил с последующим их «залечиванием» кварц-молибденитовой массой.

Медно-молибденовое месторождение Гибралтар находится в 160 км южнее города Принц Джордж на западном склоне Гранитных гор и около оз. Мак Лиз. Открытое в 1920 г. небольшое жильное месторождение в результате геологоразведочных работ в 1969 г. превратилось в крупное медно-порфириновое месторождение, запасы руды которого оцениваются в 322 млн. т с 0,37% меди и 0,016% молибдена. Месторождение по А. Друммонду находится внутри рассланцованного и регионально-метаморфизованного сосюритизированного кварц-диоритового плутона Гранитных гор юрско-мелового возраста, имеющего 16 км в диаметре.

Главной структурой, связанной с метаморфизмом, является рассланцевание. Четыре стадии минерализованных штокверков наложены на дорудное рассланцевание, развивавшееся в сосюритизированном кварцевом диорите.

Следующие жилы секут или располагаются параллельно сланцеватости, образуя последовательность, основанную на соотношениях пересечений.

I стадия: а) кварц, серицит, пирит ± халькопирит

б) кварц, хлорит, пирит ± халькопирит

II стадия: а) кварц, хлорит, пирит ± магнетит

б) кварц, хлорит, пирит, халькопирит, эпидот ± магнетит

в) кварц, хлорит, пирит, эпидот ± магнетит

г) кварц, хлорит, пирит, халькопирит ± магнетит

д) кварц, халькопирит, борнит ± пирит

III стадия: кварц, молибденит, халькопирит, пирит ± магнетит ± карбонат

IV стадия: безрудный кварц с мелкозернистыми или халькопиритовыми пустотками.

В карьерах месторождения удалось наблюдать халькозин, самородную медь, куприт, малахит.

Медно-молибденовые месторождения Лорнекс и Бетлехем (высокогорная долина Гайлена Вэлли меднопорфирового района) находятся в 40 км юго-восточнее от Кэш Крик и в 54 км юго-западнее Кемлупс.

Месторождение, по В. Мак Миллану, залегает в батолите Гишон, вытянутом на 64 км при ширине 26 км, состоящем из серии интрузивов, имеющих зональное строение с более молодыми породами в центре. Возраст его нижнеюрский (198 ± 8 млн. лет).

Рудное тело Лорнекс залегает в кварцевом диорите Скина на контакте с гранодиоритом Бетсайда — породами самой молодой интрузивной фазы.

Большой меридиональный разлом, крутопадающий на запад, называемый разломом Лорнекс, обрезает рудные тела к западу. Месторождение Лорнекс представляет собою грубоэллиптическую площадь длиной 1200 м, шириной 480 м и не менее 600 м глубиной, вытянутую в северо-западном направлении. Сульфидные руды представлены халькопиритом, борнитом и молибденитом, с небольшими количествами пирита, магнетита и гематита. Нерудные минералы: эпидот, хлорит, кальцит, гипс. Зона окисления до 60 м мощности покрывает рудное тело и состоит из малахита, немного тенорита, халькозина, ковеллина, азурита, сидерита, куприта и самородной меди.

Бетлехем располагается на контакте между кварцевыми диоритами Гишон и Бетлехем. Главными рудными минералами служат халькопирит и борнит, причем борнит образует довольно крупные массивные выделения. В меньших количествах присутствуют молибденит, спекулярит и реже — халькозин и тетраэдрит. Нерудные минералы: кварц, хлорит, эпидот и цеолиты. Молибденит чаще всего находится в зонах брекчирования. Он ассоциирует с халькопиритом, турмалином и вторичным биотитом.

Медные Горы и Ингербелл находятся в 19 км южнее г. Принктона. Район сложен формацией Вольф Крик, представленной, главным образом, фрагментальными андезитами, туфами и вулканическими алевритами. Абсолютный возраст — 193 ± 8 млн. лет. Руды Ингербелл представлены тонкозернистыми пиритом и халькопиритом. Развиты процессы пропилитизации.

Таким образом, резюмируя, следует подчеркнуть, что наиболее крупные молибденовые месторождения Канады представлены медно-молибденовой формацией и все они, за исключением Айленд Каппер, приурочены к мезозойскому Межгорному поясу Британской Колумбии.

Литература

- Студеникова З. В., Иванова Г. Ф., Брызгалин О. В., Щербина В. В. Геохимия молибдена и вольфрама. Изд-во «Наука», М., 1971.
- Таусон Л. В., Шеремет Е. М., Антипин В. С. Закономерности распределения молибдена в мезозойских гранитоидах Северо-Восточного Забайкалья.— Геохимия, 1970, № 8.
- Щербина В. В. О геохимическом значении количественного отношения серебро : золото.— Геохимия, 1956, № 3.
- Щербина В. В. Нахождение элементов в природе в виде хлоридов и фторидов в зависимости от положения элементов в периодической системе.— Геохимия, 1963, № 8.
- Kordes E. Die Beziehungen zwischen Dissoziationsdampfdrücken von Sulfiden und ihrer Ausscheidungsfolge auf magmatogenen Erzlagerstätten.— Min. Petr. Mitteil., 1935, 46, H. 4.
- Monger J. W. H., Souther J. G., Gabrielse H. Evolution of the Canadian Cordillera: A plate-tectonic model.— Amer. Journ. Sci., 1972, 272, N 7.
- Ney C. S., Sutherland-Brown A. Copper and molybdenum deposits of the western Cordillera.— Intern. geol. congr. XXIV session. Excur. A-09, C-09. Calgary, 1972.

И. М. Варенцов

ГЕОЛОГИЯ МАРГАНЦА

Во время XXIV сессии Международного геологического конгресса в Монреале было проведено два научных и одно организационное заседание Рабочей группы по марганцу, ИАГОД. В связи с этим особо следует отметить сообщение Компании Дипси Венчурс (Deepsea Ventures. Inc. Va. USA), Вице-президент: Р. Кауфман (R. Kaufman), главный геолог Р. Хэггерти (R. Haggerty) о промышленной эксплуатации океанических железо-марганцевых конкреций как нового типа руд для извлечения марганца, кобальта, никеля и меди. В целом, эта компания проводит широкую коммерческую добычу и извлечение примерно 32 элементов из океанских конкреций. Это сообщение иллюстрировалось видеомagni-тофонными записями объектов разработки через специальный телевизор и двумя цветными фильмами.

На заседании Совета Международной ассоциации по генезису рудных месторождений (IAGOD) был заслушан отчет секретаря Рабочей группы по марганцу И. М. Варенцова и утверждены принятые на организационном заседании решения. В частности, был изменен статут этой организации, которая именуется ныне: Комиссия по марганцу, ИАГОД.

Ниже приводится изложение основных вопросов, рассматривавшихся на научных и организационных заседаниях Комиссии по марганцу, а также дается краткий обзор сообщений, освещающих различные аспекты геохимии, геологии марганцевых руд, которые были зачитаны на секциях МГК.

Научные заседания

Президент Рабочей группы, профессор Дьюла Грасселли, Венгрия (Gu. Grasselly), выступил с докладом «Термическая устойчивость и окисление Mn_3O_4 в присутствии других окислов марганца». На основе термического, рентгеновского и ИК-спектрального исследований было установлено, что при нагревании в воздухе Mn_3O_4 , в интервале термической устойчивости Mn_2O_3 , происходит медленное окисление химически чистого Mn_3O_4 в α - Mn_2O_3 . Однако окисление протекает более интенсивно и с более высокими скоростями в присутствии других окислов марганца и в частности окислов железа. В тех случаях, когда возможности окисления исключены, например в атмосфере N_2 или CO_2 , Mn_3O_4 остается неизменной в течение продолжительного нагрева в указанном выше интервале температур. Но если Mn_2O_3 нагревается в атмосфере CO_2 в интервале термической устойчивости этого окисла, в этом случае будет наблюдаться превращение в Mn_3O_4 и даже может появиться новая фаза MnO . Эти экспериментальные факты, по-видимому, могут быть использованы при интерпретации явлений формирования ассоциаций окислов марганца при различных метаморфических процессах.

Сообщение проф. Д. Грасселли вызвало ряд вопросов и оживленную дискуссию. Было отмечено, что, несмотря на то, что экспериментальные методы позволяют понять некоторые природные реакции, для объяснения наблюдаемых явлений необходимы модельные опыты, полнее отражающие реальные соотношения.

В докладе Р. Кормик, Д. Крерэр и Х. Бэрнс, США (R. Cornick, D. Creger, H. Barnes) «Геохимический контроль распределения марганца в метаморфических породах амфиболитовой фации» было указано на то, что переходный металлический ион Mn^{2+} в своей идеальной октаэдрической позиции не имеет стабилизированной энергии кристаллического поля. В отличие от этого ион Fe^{2+} , тесно ассоциирующий в течение метаморфических процессов, почти всегда обладает большой энергией стабилизации, которая благоприятствует Fe, по сравнению с Mn, вхождению в большинство силикатов. Таким образом, главный контроль в распределении Mn^{2+} осуществляется через размер его иона; второе, по значению, место среди контролирующих фактов, принадлежит концентрации марганца относительно других металлов. Результаты такого конкурирования находят отражение в коэффициентах распределения K_d , который определяется как $K_d = (X^A/B^B)_{Mn}$, где X — атомная моля Mn соответственно в минералах A и B . Имеющиеся данные для сосуществующих минеральных пар дают следующие величины K_d : гранат/биотит, 2,2; роговая обманка/биотит, 3 (при низком содержании Mn); хлорит/биотит, 1,6; клинопироксен/биотит, 3,1; ортопироксен/биотит, 5,3; гранат/ортопироксен, 3,3; ортопироксен/клинопироксен, 1,2; гранат/роговая обманка, 5; клинопироксен/роговая обманка, 1,3; ортопироксен/роговая обманка, 2,4; куммингтонит/клинопироксен, 1,05; клинопироксен/актинолит, 1,4; ильменит/магнетит, 8. Неопределенность этих величин составляет примерно $\pm 20\%$, за исключением пары гранат/роговая обманка, для которой получены весьма приближенные величины.

Сродство с Mn увеличивается в ряду биотит — хлорит — роговая обманка — актинолит — клинопироксен — куммингтонит — ортопироксен — гранат. При равновесии, если Mn входит в состав этих минералов и не образует при этом Mn силикатов, можно рассчитать по известным концентрациям марганца в одних минералах содержание марганца в других минералах. Исходя из этих величин и модального анализа, можно определить расчетным способом валовые концентрации марганца. Эффект стадии метаморфизма рассматривается на примере пары гранат — биотит, для которой величина K_d возрастает с температурой. Подсчитано также, что вероятное максимальное содержание Mn в биотите составляет лишь 0,015 атомных % Mn; Mn может входить в гранат до того, пока последний не превратится в спессартит.

Р. Кормику (R. Cornick), представлявшему этот доклад, были заданы вопросы относительно экспериментальной проверки выводов, полученных расчетным путем при использовании теории кристаллического поля и метода молекулярных орбиталей. Известно, что прямыми экспериментальными методами, позволяющими непосредственно оценить положение иона Mn^{2+} в решетке минерала, являются ЭПР. В ответах Р. К. Кормик указал, что работа носит в основном расчетный характер.

Р. Сорем, США (R. Sorem) выступил на тему «Определение и номенклатура минералов морских марганцевых конкреций».

В литературе, охватывающей более чем 20-летний период, имеется большое число несообразностей и противоречий в отношении первичных окисных минералов морских марганцевых конкреций. Большинство определений минералов основывалось на данных рентгеновской дифракции, полученных из порошковых препаратов. К сожалению, получению этих данных препятствовали трудности, связанные с некачественным отбором образцов, плохими диффракционными картинками и неунифицированной номенклатурой. Кроме того, трудности возникали

также в связи с отсутствием единообразного понимания природы и распределения аморфных окисных материалов в конкрециях. Результирующим итогом всех этих трудностей явилось общее отсутствие эффективных научных связей между исследователями, имеющих серьезные и близкие интересы по проблемам характера и происхождения марганцевых конкреций. Очевидно, что давно уже назрела необходимость привести в порядок эту область минералогии. Следует рассмотреть следующие специальные вопросы, приводящие к недоразумениям.

1. Большинство образцов из конкреций, используемых для рентгеновской дифракции, представляет собой загрязненные смеси.

2. Большинство образцов, предназначенных для рентгеновского анализа, испытало изменения при измельчении.

3. Большинство конкреционных материалов являются весьма плохо окристаллизованными, либо аморфными. Они дают диффузную дифракционную картину даже при наилучших условиях.

4. Кристаллические материалы конкреций обладают простыми структурами, в которых возможны ионные замещения. Таким образом, межплоскостные расстояния (d) являются несколько изменчивыми для любого из минералов.

5. Предпочтительная ориентировка распространена широко, и это явление сильно влияет на дифракционную картину.

6. Представляет известные трудности сравнение слабых и диффузных линий, получаемых в практической работе, рентгенограмм с эталонными данными, представленными в таблицах.

7. Проблемы определения привели к ошибочной номенклатуре, когда наименования, данные синтетическим соединениям (например, 10 Å — манганит), переносились на минералы (например, тодорокит), ранее получившим название.

8. Оптические свойства и структурные соотношения минералов по существу во многих работах игнорировались.

Четыре года концентрированных исследований марганцевых конкреций, а также результаты многолетней работы по изучению марганцевых руд побуждают сделать следующие предложения, чтобы улучшить существующую ситуацию.

1. Следует опубликовать и провести обмен между исследовательскими лабораториями стандартными рентгенограммами наиболее распространенных супергенных марганцевых минералов, таких как бернессит, тодорокит, рансьеит, криптомелан и нсутит.

2. Следует выполнять химические анализы образцов, которые являются рентгеноструктурными стандартами.

3. Для того чтобы избежать анализа смеси, отбор образцов для рентгеноструктурных исследований должен сопровождаться оптическим исследованием при условии хорошего качества полированных шлифов.

4. Отбор образцов из материала конкреций для рентгеноструктурных исследований должен быть ограничен оптически гомогенным участком, из которого вещество отбирается путем царапанья или скальвания. Следует исключить истирание отобранного материала, для того чтобы быть уверенным в сохранности наиболее тонких из возможных дифракционных линий. Достаточно крупные образцы, подходящие для изготовления препаратов для дифрактометра, редко бывают мономинеральными, в них может обнаруживаться предпочтительная ориентировка. Такие же проблемы могут возникать и при работе с образцами в капиллярных трубочках. Наилучшие результаты дают тонкие нитевидные препараты.

5. Следует проводить сопоставление, там где это возможно, данных, полученных при помощи микрозонда с оптическими данными и сопровождать их отбором микроколичеств образцов для рентгеноструктурных определений.

6. Действительно, новые минералы, если они будут встречены, следует должным образом характеризовать рентгеноструктурно, химически, оптически; присвоенное наименование должно быть утверждено соответствующими организациями.

Очевидно, большинство минералогических исследований конкреций проводится для того, чтобы способствовать решению общих проблем происхождения и истории роста конкреций. Исходя из этого, предлагается представлять имеющиеся данные, в тех случаях, когда это возможно, таким образом, чтобы были видны соотношения исследованного образца и всей конкреции. Это может быть выполнено при помощи микрофотографии среза конкреции, полученной при вертикальном освещении. Такая микрофотография может играть роль карты, на которую наносятся данные.

Присутствующие высказались в поддержку сделанных предложений. Было отмечено, что проделанная Р. Соремом работа по упорядочению наших знаний о супергенных окисных минералах марганца хорошо дополняет начатую М. Флейшером (Геологическая служба США) работу по составлению словаря-справочника марганцевых минералов. Присутствующим были розданы ксерокопии отдельных разделов этого справочника.

А. Фостер, США (A. Foster) представил доклад «История роста марганцевых конкреций из провинции подводных гор Байя Калифорния».

Изучено 46 марганцевых конкреций, отобранных из 9 отдельных дочерпательных станций, в районе, расположенном в 370 км от Байя Калифорния, Мексика. Этот материал позволяет по-новому взглянуть на процессы, контролирующие образование конкреций. Было выполнено детальное исследование полированных срезов конкреций, при этом использовались методы рудной микроскопии, рентгеновской, дифракции, рентген-флюорисцентный микроанализатор. Применение этих методов позволило вскрыть вариации внутреннего строения, провести систематическое химическое и минералогическое изучение.

Рост конкреций связан с прерывистым нарастанием тонких непрозрачных кристаллических либо рентгеноаморфных оболочек вокруг центрального ядра (обычно обломка конкреций). Кристаллический прослой сложен тонким взаимопроращением криптокристаллического тодорокита; бернессит встречается значительно реже, чем рентгеноаморфные концентрические слои. Тем не менее бернессит представляет особый интерес, поскольку в нем содержатся наиболее высокие концентрации никеля, меди и марганца.

Структурные и минералогические данные указывают на коллоидальное происхождение обоих типов материала, слагающего эти концентрические оболочки.

В последовательности концентрических слоев — оболочек выделяется пять хорошо распознаваемых структур, называемых зонами. Выделенные зоны: массивная; крапчатая; сплошная; шестоватая и слоистая, различаются по составу, строению и степени гомогенности. Массивная и крапчатая зоны содержат наивысшие концентрации Mn, Ni и K, тогда как шестоватая, слоистая и сплошная зоны содержат наиболее высокие концентрации Fe, Ti, Ca, Si. Наиболее широким развитием пользуются крапчатая и шестоватая зоны.

Каждый зональный тип формировался в течение периода, характеризующего относительно стабильной обстановкой, которая существовала на дне моря. Последовательность типов зон большинства конкреций указывает на то, что во время их роста происходили значительные изменения среды. Второстепенные структурные различия между конкрециями указывают на то, что в среде осадкообразования имели место локальные флуктуации. К фактам, влияющим на процессы формирова-

ния конкреций, по-видимому, относятся изменения Eh, рН концентрации ионов в морской воде и поровой воде субстрата и соотношения каждой конкреции с границей раздела грунт — вода.

Фотографии океанского дна показывают, что противоположные стороны конкреции обнажены для воздействия различных обстановок седиментации, а именно: с одной стороны, осадкам морского дна, с другой — океанской придонной воде. Структурные данные указывают, что конкреция растет с обеих сторон, разделяющих ее со средой, и что определенные типы зон формируются в каждой обстановке. Формирование крапчатой, шестоватой и слоистой зон происходит на контакте с осадком. Массивная и сплошная зоны, очевидно, образуются в среде морской воды. Для данного периода времени наибольшая толщина конкреционного материала накапливается со стороны, обнаженной к осадку. Многие концентрические слои нарастания прошли в своей истории стадию «диагенетических» изменений, после того как они были перекрыты, захоронены последующими слоями. Отмечаются следующие «диагенетические» процессы, относящиеся к рассматриваемым явлениям.

1. Заполнение порового пространства окислами, богатыми Mn — Fe.
2. Замещение глины и посторонних включений окислами, богатыми Mn — Fe.
3. Подчиненные реакции замещения между различными видами непрозрачных, рентгеноаморфных материалов.
4. Замещение раковин, биоморфных остатков тодорокитом и бернеситом.
5. Перекристаллизация окисного материала, особенно в относительно древних участках конкреций.

Скорость и распространение таких «диагенетических» изменений, по-видимому, увеличивается при наличии значительной пористости и проницаемости конкреций.

На конкреции воздействуют также и физические силы. Периодическое переворачивание конкреций проявляется в зональной последовательности перемежаемости типов зон, характерных для различных обстановок осадкообразования. Перемещение конкреций может быть результатом деятельности бентосных организмов, воды или движения дна, неустойчивости или опрокидывания в связи с неравномерным ростом, либо вызвано другими неизвестными силами. Резкие перерывы роста конкреций, насколько это отражено в обломках конкреционных ядер, указывают на прошлые эпизоды, когда происходило разрушение конкреций. Структурные данные указывают на то, что внутренние силы могут вызывать разламывание конкреций.

Данное изучение всесторонних структурных и химических связей конкреций указывает на то, что формирование конкреций является более сложным процессом, чем до сих пор считало большинство исследователей.

Дискретные концентрические оболочки нарастания, если их истолковывать как стратиграфические единицы, указывают на детальную историю роста конкреций. Если настоящие определения скорости нарастания конкреции верны, то изученные конкреции хранят в себе запись изменений обстановок образования на или около дна моря в течение последних нескольких миллионов лет.

Этот доклад вызвал много вопросов и оживленно обсуждался.

Р. Фьюкс, США (R. Fewkes), выступил с сообщением «Конгломератовые марганцевые конкреции из пролива Дрейка».

Морские марганцевые конкреции из пролива Дрейка формировались в обстановке, характеризующейся большим количеством обломочного материала, принесенного с суши. Структурное изучение двенадцати полированных шлифов конкреций указывает на сложные соотноше-

ния роста между обломочными и окисными минералами конкреций. Рост конкреций связан с накоплением кластического материала, окислов железа и марганца и микроскопических линз, окаймляющих обломки.

Важнейшим механизмом роста является включение обломочного материала в конкреции из пролива Дрейка. Размер отдельных обломков непостоянен, однако установлено, что по крайней мере 80% частиц не превышают 0,1 мм. Фракция менее 0,1 мм сложена обломочным кварцем и полевым шпатом с подчиненными количествами других минералов и органических частиц. 20% обломочного материала представлено округленными обломками пород размером до 1 см в диаметре. Типичные конкреции пролива Дрейка состоят из ядра, сложенного породой, окруженного накоплениями угловатых кластических частиц и матриком (связующей массой) либо цементом, представленным окислами железа и марганца. Контакт между отдельными обломками и окислами отчетливый и резкий. В тех случаях, когда несколько крупных обломков пород встречаются во внутренних частях конкреций, окислы образуют отчетливые слои на той стороне обломков, которая удалена от ядра конкреции. Обломки наружных краев конкреций обычно заключены в окислы; однако на внешних частях многих из таких обломков развиты накопления окислов, причем наиболее толстые слои концентрируются вокруг самых острых выдающихся точек обломков. Когда количество обломочного материала минимально, окисный материал встречается в виде коллоидных слоев, который в некоторых конкрециях образует шестоватидные структуры. Эти структуры представлены перемежаемостью блестящего (с высокой отражательной способностью) и темного материала, слагающего прослойки. Прослойки с высокой отражательной способностью сложены преимущественно окисными минералами, тогда как более темные прослойки обогащены обломочным материалом. Конкреции, в которых наблюдается большое количество обломочного материала или обильное содержание микроскопических линзочек, окаймляющих обломочные частицы, редко характеризуются хорошо развитой шестоватой структурой.

Микроскопические линзочки, встречающиеся в конкрециях, обладают округлой формой и состоят из конкреций, окружающих угловатые кластические обломки. Ядро этих линзочек сложено тонкозернистым светопроницаемым веществом, напоминающим по виду глину. Окружающие обломки представлены кварцем либо девитрофицированными частицами стекла. Диаметр линзы обычно не превышает 0,2 мм. Происхождение таких линз остается мистической загадкой и высказываются мнения как об органическом, так и о неорганическом их генезисе. Структурные особенности конкреций пролива Дрейка могут быть характерными для конкреций, развивающихся в обстановке, где происходит накопление обломочного материала, приносимого ветром, водой и льдами. Особенно контрастно отличаются эти конкреции от подобных образований открытого океана, где господствуют условия малых скоростей седиментации.

Доклад Р. Фьюкса сопровождался демонстрацией большого числа микро- и макрофотографий.

В докладе И. Варенцова, Н. Пронина, Геологический институт АН СССР, Москва на тему «К изучению механизма формирования железомарганцевых руд в современных бассейнах: экспериментальные данные по Ni и Co» были рассмотрены условия залегания, строения, состава, геохимических особенностей железомарганцевых конкреций, корок, развитых на дне современных водоемов. Их анализ позволяет считать, что формирование этих образований протекает при взаимодействии компонентсодержащих растворов (обычно придонные воды) с активными поверхностями.

В сообщении излагались результаты экспериментов по изучению поглощения Ni и Co из морской воды в присутствии комплексообразователей природными гидроокислами железа и марганца. Отмечена высокая селективность поглощения Ni и Co. В опытах с биогенными формами этих элементов за 20 суток извлекалось 51,7—77,8% Ni, тогда как Co за это время нацело поглощался из морской воды с концентрациями этих элементов в диапазоне 10—100 мкг/л. Характер изотерм поглощения Ni и Co из морской воды в присутствии комплексообразователя (лимонная кислота) свидетельствует о том, что даже при относительно больших количествах поглощенных компонентов (до 10—40% от массы поглотителя) не наблюдается тенденции к насыщению емкости поглощения. Эксперименты по элюированию показывают, что начальные стадии процесса носят ионнообменный характер, преимущественно для Ni, в меньшей мере для Co. В более поздние стадии происходит формирование необменных прочносвязанных форм Co, несколько меньше Ni, представленных гидроокисными фазами этих металлов. Ведущим является хемосорбционный с автокаталитическим окислением процесс аккумуляции этих металлов. Новообразованные фазы в последующих актах взаимодействия проявляются как активные поглотители. Полученные данные могут качественно использоваться при интерпретации природных наблюдений.

Д. Крерэр, Р. Кормик и Х. Бернс, Пенсильванский государственный университет, США (D. Cregar, R. Cormick, H. Barnes), выступили с докладом «Органический контроль в осадочной геохимии марганца».

Геохимическая подвижность Mn обычно зависит от контролирующей концентрацию органических реакций таких, как ионный обмен, поверхностная адсорбция, хелатирование и образование защитных коллоидов. Природные водные концентрации органических лигандов и известные константы стойкости органических комплексов Mn указывают, что для растворенных Mn разновидностей отношение соединений органическое:неорганическое может достигать 10^2 в типично осадочных обстановках. Еще более выраженной может быть роль органических комплексов марганца в таких особых условиях, которые встречаются в гумидных почвах или в морских осадках, богатых органическим детритом. Биологическая среда также воздействует на поведение Mn путем метаболической переработки этого элемента, путем катализирования реакций этого элемента, а также влияя на Eh, pH и концентрацию органических лигандов. Например, Mn-фиксирующие бактерии играют существенную роль в переводе марганца в озерные осадки.

Восстановительные обстановки, изначально обусловленные окислением захороненного органического детрита, создают диагенетические концентрации и минеральный профиль, который характерен для морских и озерных Mn залежей. В этих условиях относительно более окисленные близповерхностные фазы постепенно сменяются более восстановленными разностями с глубиной. Обычно общее содержание способного к окислению углерода в современных осадках прямо коррелируется с диагенетической подвижностью содержащегося в них марганца. Вертикальные градиенты Eh воздействуют на направленную вверх миграцию и образующуюся в результате аккумуляцию этого элемента на границе раздела осадок—вода. Изменения минерального состава по площади отдельной осадочной Mn залежи также отражает вариации диагенетической восстановительной способности с глубиной. Таким образом, для Mn карбонатов характерно развитие среди восстановленных глин и мергелей, тогда как окисные фазы формируются ближе к берегу, на аэрируемых участках, где накапливаются пески с низким содержанием способного к окислению углерода.

Избыточные содержания органического вещества могут приводить

к созданию застойных или эвтрофных условий, где устойчивость становится столь большой, что вместо концентрирования этого элемента он выщелачивается, выносится из этой обстановки.

В сообщении Е. Тавера, Р. Александри, Мексика (E. Tavera, A. Alexandri) «Марганцовое месторождение Молонго, район Гидальго, Мексика», указано, что это месторождение связано с верхнеюрской формацией Таман. Содержание марганца в марганценосных известняках меняется в интервале от 5 до 30% при мощности 25 м. Наиболее высокие содержания отмечены в основании формации в интервале мощности от 5 до 10 м. Марганцевые известняки прослежены по обнажениям на территории: с севера на юг примерно на 50 км и с востока на запад — на 25 км.

В строении месторождения участвует толща нижнепермских и мезозойских осадочных пород, несогласно перекрывающих докембрийский метаморфический комплекс; в свою очередь эти отложения несогласно перекрываются третичными базальтами. Месторождение расположено в южной части области хр. Сиерра Мадре Ориенталь и связано с крупными антиклинальными структурами этого хребта.

Сингенетические марганцевые залежи представлены первичными карбонатами марганца. Эти руды пригодны для обогащения прокаливанием, в результате которого образуется клинкер с содержанием Mn более 40%. Марганцевые минералы представлены кутнагоритом и родохрозитом, развитыми в виде тонких слоев, ритмически распределенных в рудной пачке. В этой же части формации Таман встречены пирит, органический углерод, глинистые прослои.

Было подсчитано, что несмотря на то, что, по крайней мере, половина марганценосной зоны формации Таман уничтожена эрозией, оставшаяся часть содержит примерно 1350 млн. т металлического марганца. Большая часть этого количества находится в форме породы, которая в настоящее время не достигает промышленной кондиции, пригодной для извлечения. Однако такое накопление марганца с геологической точки зрения заслуживает внимания. Никакого отчетливого источника для такого количества марганца пока не установлено. Все же авторы считают, что металл поступал вследствие выветривания пород континентальной суши и переносился поверхностными водами в область накопления осадков. В этом районе неизвестно синхронной подводной и наземной вулканической деятельности.

Эпигенетические супергенные залежи окислов марганца, из которых некоторые пригодны по качеству для батарейного производства, образовались в результате выветривания сингенетического карбоната. Эти залежи наряду с карбонатной рудой разрабатываются. Резко расчлененный рельеф данной области и соответствующая быстрая эрозия обусловили формирование мелких карманообразных залежей. Последние контролируются структурными и топографическими особенностями района. В них наблюдается локальное накопление продуктов выветривания.

Помимо Рабочей группы по марганцу, на различных секциях Конгресса был заслушан ряд докладов по близкой тематике.

На секции Минеральные месторождения были обсуждены доклады «Геология и минералогия марганцевых месторождений в районе Йеонгил, Южная Корея». С. Дж. Ким, Южная Корея (Soo Jin Kim) «О главных аспектах формирования железо-марганцевых руд в современных бассейнах». И. Варенцов (СССР, Москва, ГИН АН СССР).

На секции Морская геология были поставлены доклады «Морские марганцевые конкреции: значение структурного анализа» Р. Сорем, А. Фостер, США (R. Sorem, A. Foster); «Поверхностные концентрации глубоководных морских марганцевых конкреций» Ф. С. Коглер, ФРГ

(F. Koegler); «Проблемы извлечения тяжелых минералов с морского дна и оценка процессов осаждения», Дж. Хайлс, Англия (J. Hails).

На секции Геохимия: «Геохимия взаимоотношений элементов в железо-марганцевых конкрециях оз. Мичиган». Р. Россмэнн, Э. Кэллендер, Мичиганский Университет, США, С. Боузер, США (R. Rossmann, E. Callender, S. Bowser).

Перечисленные секционные доклады опубликованы в трудах МГК.

Организационное заседание

На этом заседании рассматривались следующие основные вопросы.

1. Отчет секретаря рабочей группы о проделанной работе и предстоящих задачах.
2. Подготовка заседаний рабочей группы по Mn во время сессии ИАГОД в Варне, Болгария, 1974.
3. Обсуждение плана и состояние подготовки международной коллективной монографии по марганцу.
4. Изменение статуса организации.
5. Обсуждение проекта проведения Международного симпозиума по марганцу во время XXV МГК, Австралия, 1976.

Одной из центральных задач рабочей группы по Mn является подготовка международной монографии по марганцу, которая должна отразить современное состояние наших знаний по данным проблемам и раскрыть будущие перспективы использования ресурсов этого металла. Обсуждался и был принят план Международной монографии по марганцу. Была заслушана информация о мерах по его реализации.

Принятый предварительный план международной монографии и по марганцу включает следующие разделы.

Том I. Общие проблемы

1. Классификация марганцевых месторождений.
2. О марганцевых формациях. Закономерности распределения марганца в земной коре.
3. Основные проблемы минералогии марганца.
4. Основные проблемы геохимии марганца.
5. Формирование марганцевых руд в современных бассейнах.
6. Микробиологические аспекты формирования марганцевых руд.
7. Марганец в природных водах.
8. Практическое использование марганцевых руд.

Том II. Методы исследования марганцевых руд

1. Различные виды химического анализа
2. Минераграфия марганцевых руд.
3. Электронная микроскопия.
4. Инфракрасная спектроскопия.
5. Рентгеноструктурные методы.
6. Магнитометрия.
7. Термические методы анализа.
8. Обзор современных физических методов исследования твердого тела применительно к марганцевым рудам.

Геология марганцевых месторождений

Том III. Америка (страны Северной и Южной Америки).

Том IV. Африка

Том V. Европа (включая СССР).

Том VI. Азия, Австралия, Океания.

Том VII. Марганцевые руды в современных бассейнах (озера, средиземные моря, океаны).

Предполагается издание этих трудов на английском языке; в то же время не исключается одновременное издание их на других языках, либо перевод на другие языки.

Присутствующим был зачитан список советских авторов, которые в соответствии с письмами к их национальному представителю, выразили желание участвовать в определенных разделах этой международной монографии.

Было внесено предложение, что все заявленные работы должны быть редакционно скоординированы, после выяснения конкретных технических возможностей публикации монографии.

П. Л. Безруков

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ ДНА ОКЕАНОВ

Проблемы геологического строения дна океанов и морей обсуждались на Конгрессе в основном на секции «Морская геология и геофизика» и на симпозиуме «Вклад глубоководного бурения в геологию». Кроме того, отдельные доклады, имеющие отношение к этим проблемам, заслушаны на заседаниях других секций (стратиграфии и седиментологии, палеонтологии, тектоники, минеральных месторождений), но поскольку тематика этих секций освещается в других разделах данной книги, мы их касаться почти не будем.

Огромный интерес широких научных кругов к результатам геологических исследований в океанах не случаен, а связан с тем, что в последние годы здесь достигнуты особенно большие успехи, существенным образом повлиявшие на развитие геологии в целом.

Напомним, что морская (или океанская) геология — это отрасль геологии, изучающая состав, строение и историю развития скрытой под водами Мирового океана части Земли. Это — не отдельная научная дисциплина, а совокупность крупных частей всех геологических наук (Безруков, 1961). Она охватывает обширные части литологии, стратиграфии, петрологии, тектоники, исторической геологии, палеогеографии, геологии полезных ископаемых и других геологических дисциплин; использует методы и данные ряда смежных с геологией наук: палеонтологии, геофизики, геохимии, геоморфологии, океанологии и т. д. Обособление морской геологии (на ранних этапах ее развития) было обусловлено, главным образом, недоступностью морского дна для непосредственных геологических наблюдений, что требовало иных способов получения геологических материалов. С развитием технических средств и методов изучения литосферы в океанских областях грани между «морской» и «континентальной» геологией будут постепенно стираться (и уже стираются). Наиболее ярким свидетельством этому является проведение в океанах в самые последние годы глубоководного бурения до подстилающих осадочную толщу базальтов.

После этого краткого вступления перейдем к рассмотрению тех вопросов, которые обсуждались на Конгрессе. При этом следует отметить, что, несмотря на чрезвычайно широкие задачи, стоящие сейчас перед морской геологией, доклады на Конгрессе охватывали (как в региональных, так и в теоретических аспектах) лишь отдельные ее части, а участники Конгресса только в незначительной степени представляли научные коллективы стран, изучающих геологию дна океанов (за исключением, может быть, самой Канады). Отчасти это было связано с тем, что лишь в 1971—1972 гг. состоялось несколько крупных международных научных совещаний, на которых ряд актуальных вопросов морской геологии подвергся широкому освещению (VIII Мировой нефтяной конгресс, XV Генеральная ассамблея МСГГ и Международный геохимический конгресс в Москве, XII Тихоокеанский научный конгресс в Канберре,

Международный коллоквиум по эксплуатации океанов в Бордо, Международный симпозиум по океанографии южной части Тихого океана в Веллингтоне и некоторые другие).

Секция морской геологии и геофизики. На заседаниях секции (кураторы Дж. Меррей и Б. Пеллетье, Канада) заслушано 33 доклада ученых 10 стран (Англии, Аргентины, Бразилии, Голландии, Канады, СССР, США, Франции, ФРГ, Чили). В изданном к началу Конгресса сборнике «Marine geology and geophysics» (1972), кроме того, опубликовано 6 докладов, которые не были оглашены (ученых Греции, Индии, ФРГ, СССР, Японии), и ряд кратких тезисов. Доклады на секции были Оргкомитетом разделены на 6 групп или тем (не считая двух докладов по лимногеологии).

По теме «Происхождение и геологическая история континентальных окраин» отметим прежде всего доклад П. Бурека, ФРГ (P. Bugck) «Палеогеография Европы и Северной Америки на границе палеозоя и мезозоя и ее значение для инициального рифтообразования в северной части Атлантического океана». Автор указывает, что в позднем палеозое в Западной Европе образовались две системы рифтов, параллельные Норвежскому морю и Бискайско-Лабрадорскому рифту. Эти разломы, диагонально секущие более древние каледонские и варисские структуры, грубо параллельны континентальному склону, т. е. первичной системе рифтов Северной Атлантики, возникшей в связи со «спредингом» (растяжением) дна. В Северной Атлантике пояс грабена Ньюарк и Миссисипийский бассейн развились в позднем триасе. Их образование сопровождалось вулканической деятельностью. Это, а также отложение эвапоритов рэтского возраста в нескольких прибрежных районах Северо-Западной Африки позволяет предполагать, что раздвижение Северной Америки и Северной Африки началось позднее распада Лавразии, на границе триаса и юры.

В докладе Г. Бартлета и А. Хамдена, Канада (G. Bartlett, A. Hamdan), рассмотрены вопросы биостратиграфии, палеоэкологии канадской части Атлантической континентальной окраины, в основном по данным изучения состава и распространения в осадках планктонных и бентосных фораминифер, начиная от раннего мела и вплоть до голоцена. Доклад иллюстрировался серией палеогидрологических карт с изображением гипотетической системы циркуляции вод в Атлантическом океане от мела до современной эпохи. Авторы также принимают, что начало формирования Атлантического океана было связано с рифтообразованием, сравнимым с развивающимся сейчас в Красном море.

К. Хинц, ФРГ (K. Hinz) доложил результаты глубинного сейсмического зондирования, проведенного Геологической службой ФРГ по проекту «Norwegian Sea, 1969» на судах «Планет» и «Нордкап», на трех разрезах — от шельфа Норвегии через плато Воринг и котловину Норвежского моря до подножья подводного хр. Ян-Майен. Установлено, что дно Норвежского моря имеет блоковую структуру. Глубоководная его часть близ подножья хр. Ян-Майен характеризуется океанической корой и включает интрузивные тела (габброиды и серпентиниты), а плато Воринг обладает более мощной корой континентального типа.

Два доклада канадских ученых были посвящены геологическому строению Тихоокеанской подводной окраины континента в области Британской Колумбии. Р. Чейз и Д. Тиффин (R. Chase, D. Tiffin) подробно описали зону разлома в районе островов Королевы Шарлотты, по данным сейсмопрофилирования, магнитных и геологических исследований. Работы выполнялись на судах «Гудзон» и «Паризо» (1970—1971 гг.). Этот сейсмически активный трансформный разлом расположен между Тихоокеанской и Северо-Американской плитами литосферы. При драгировках на континентальном склоне был собран в основном грубообломочный материал ледового разноса; древнейшие осадки, поднятые со

склона, относятся к нижнему плиоцену. Подробно обсуждены вопросы происхождения трога Королевы Шарлотты. Подводная окраина континента вблизи названных островов в отличие от более южных районов характеризуется отсутствием характерного континентального подножия и океанского желоба; это, по мнению авторов, свидетельствует о том, что так называемое «засасывание коры» (в соответствии с гипотезой «тектоники плит») здесь не происходило по крайней мере в течение нескольких последних миллионов лет. Доклад Д. Тиффина, Б. Камерона, Т. Мак Ги и Дж. Меррея (D. Tiffin, B. Cameron, T. McGee and J. Murray) был посвящен тектонике и истории осадконакопления в районе западного шельфа о-ва Ванкувер, в бассейне Тофино. Изучен разрез осадочных отложений от верхнего эоцена до верхнего плиоцена с двумя перерывами (на границе олигоцена и миоцена и после раннего плиоцена), описаны структуры, параллельные краю шельфа, связанные с диапиризмом глинистых пород.

В докладе С. Мортимера, Чили (С. Mortimer) рассмотрены вопросы эволюции континентальной окраины Южной Америки в районе Северного Чили. Шельф Чили был сформирован морской абразией при погружении в неогене. Вследствие низких темпов современной эрозии в районе пустыни Атакама неогеновые осадки Перу-Чилийского желоба образовались в основном при отступании берега. Отложения палеогена, по мнению автора, были смещены со склона при движениях плит литосферы, тогда как на неогеновых осадках желоба «спрединг» дна океана не отразился.

Более общим вопросам тектоники был посвящен доклад Ю. Пушаровского «Тектоника континентальных окраин Тихого океана» (зачитан автором этой статьи). Поскольку содержание доклада опубликовано не только в трудах Конгресса, но и в сборнике докладов советских геологов (Геология и геофизика моря..., 1972) и более подробно в отдельной монографии (Пушаровский, 1972), мы излагать его не будем. Следует лишь подчеркнуть, что автор признает, как и многие предыдущие исследователи, и обосновывает дополнительно глубокую древность Тихого океана. Не отрицая горизонтального движения блоков в Тихоокеанской области, он указывает на несовместимость представления о послепалеозойском дрейфе континентов по периферии океана с достоверным существованием циркумтихоокеанского подвижного пояса по меньшей мере с протерозоя.

По теме «Дно Индийского океана» в трех первых докладах его геологическое строение рассмотрено с позиций неомобилизма (или «тектоники плит»). В докладе М. Юинга с соавторами, США (M. Ewing, R. Houtz, D. E. Hayes) изложены результаты геофизических исследований в районе плато Кергелен. Показаны черты сходства строения плато с другими асейсмичными хребтами, в частности с подводным хр. Брокен (на советских картах — Западно-Австралийским), с которым, судя по расположению магнитных аномалий, плато Кергелен ранее сочленялось. Сейсмоакустические данные пока не позволяют решить вопрос о том, являются ли эти структуры, подобно Сейшеллам или Мадагаскару, «микроконтинентами», как считают некоторые другие геологи.

В докладе Б. Хейзена, США (B. Heezen) «Южный Индийский океан» отмечено, что континенты Австралия и Антарктида разделились и дрейфовали порознь с палеогена. С этим связана молодость дна и симметричность магнитных аномалий в юго-восточной части океана. К западу от плато Кергелен, в наименее исследованной юго-западной части Индийского океана дно более древнее. Высказано предположение о том, что под широким континентальным подножием Антарктиды против Земли Королевы Мод могут залегать юрские отложения. Реконструкция Гондваны не может быть достоверной, пока геологическое строение этого ключевого района не будет изучено более полно.

Доклад А. Лаутона, Д. Мак Кензи, Англия (A. Laughton, D. Mc Kenzie) и Дж. Склатера, США (J. Sclater) был посвящен структуре и эволюции Индийского океана в целом, по данным геологических, палеомагнитных и других геофизических исследований. Более подробно результаты последних недавно опубликованы в обобщающей работе А. Лаутона, Д. Маттьюза и Р. Фишера (Laughton, Matthews; Fisher, 1971). В истории «раскрытия» Индийского океана авторы выделяют несколько этапов, иллюстрируемых соответствующими палеогеографическими схемами (точнее, схемами расположения фрагментов Гондваны). Распад Гондваны, по их мнению, в соответствии со взглядами Мак-Эллинея, Смита и Халама начался не раньше поздней юры (приблизительно 150 млн. лет назад), а не в триасе (200 млн. лет назад), как предполагают Р. Дитц и Дж. Холден (Dietz, Holden, 1970). Существовало несколько крупных зон разломов и несколько центров «спрединга», что привело к разнонаправленным и разновременным перемещениям отдельных частей Гондваны (к тому же дрейфовавших с разной скоростью). Авторы пытаются восстановить характер этих перемещений, но отмечают, что вследствие отсутствия на дне океана магнитных аномалий с возрастом древнее 75 млн. лет сделать это для более раннего этапа пока трудно. В позднем мелу (75 млн. лет назад) Мадагаскар был уже островом, а Антарктида и Индостан были удалены от Африки на значительные расстояния. В палеогене (45 млн. лет назад) произошло отделение Австралии от Антарктиды и дальнейшее продвижение Индостана на север. Оно закончилось одновременно с поднятием Гималаев приблизительно 20 млн. лет назад; в нижнем миоцене началось формирование Аденского залива и Красного моря. Скорости дрейфа отдельных «обломков» Гондваны, по мнению авторов, изменялись во времени — от менее 1 см до 17 см в год.

В изложенной концепции истории Индийского океана, развивающей представления большого ряда предшествующих мобилистов, конечно, много спорного и гипотетичного. Вместе с тем нельзя не отметить, что она в некоторых частях подтверждается палеонтологическими и палеофлористическими данными, о чем неоднократно писалось ранее (начиная с А. Вегенера) и в частности говорилось в отдельных докладах на секции палеонтологии.

Доклад Е. Зейболда, ФРГ (E. Seibold) был посвящен вопросам терригенного и биогенного осадконакопления на континентальных окраинах (шельфах и склонах) и абиссальных равнинах периферии Индийского океана. Приведены новые сведения об осадках Персидского залива, который, по мнению автора, можно считать в некоторых отношениях «седиментационной моделью», в основном же суммированы известные данные других исследователей (причем опубликованные результаты советских экспедиций почти не упомянуты). Автор сравнивает абиссальные конусы выносов Ганга и Инда, а также толщу турбидитов Оманского залива с ископаемыми молассаами и флишем.

По разделу «Общие вопросы морской геологии» П. Безруковым был сделан доклад (совместный с И. Мурдмаа) «Океанский седиментогенез (согласно новой карте осадков Тихого океана)». Эта карта является частью «Геологической карты Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана» в масштабе 1 : 10 000 000 (1973), демонстрировавшейся во время Конгресса на специальной геологической выставке — «Геораме». На основе анализа геологических данных, обобщенных при составлении наземной части той же карты, Л. Красный сделал доклад (совместный с большим коллективом геологов) на тему «Биостратиграфия и палеогеография Тихоокеанского подвижного пояса». Оба доклада опубликованы в вышеупомянутом сборнике докладов советских геологов и поэтому здесь не излагаются. Отметим, что докладчики (ответственные редакторы карты) также признают древность Тихого океана.

В докладе У. Руддимана с соавторами, США (W. Ruddiman, F. Bowles, B. Molnia) дано подробное описание геологического строения и глубоководных турбидитных вулканогенных осадков подводной долины Маури, прослеженной на большом протяжении вдоль восточного континентального склона Северной Атлантики.

По теме «Палеоокеанография», кроме упомянутого доклада Л. Красного, заслушано несколько докладов, основанных на результатах изучения биостратиграфии четвертичных и более древних морских отложений.

Д. Хабиб, США (D. Habib) исследовал распределение в кернах глубоководного бурения в Атлантическом океане динофлагеллят. В меловых отложениях (от берриаса до сеномана) им выделено 9 «динофлагеллятовых» зон, которые сопоставлены с соответствующими зонами Калифорнии, Австралии и Западной Европы.

В докладе И. Херман, США (Y. Herman) на основе детального исследования планктонных фораминифер в четвертичных отложениях южной части Тихого океана освещены вопросы палеоклиматических изменений в плейстоцене. Г. Вилкс, Канада (G. Vilks) изучил состав и распределение планктонных фораминифер в водах и осадках моря Бофорта, а Б. Сен-Гупта, США (B. Sen-Gupta) исследовал закономерности распространения бентосных фораминифер на атлантическом шельфе Северной Америки. Доклад Ф. Вагнера, Канада (F. Wagner), был посвящен распределению в осадках моря Бофорта фауны моллюсков как индикатора палеогеографических изменений в плейстоцене (на протяжении последних 50 тыс. лет). Все доклады этой группы основывались на новых материалах, иллюстрировались оригинальными картами и схемами.

По теме «Осадки и топография континентальных шельфов» сделано несколько докладов регионального характера. Наиболее интересными из них были два доклада канадских ученых. Б. Пеллетье и Дж. Ширер (B. Pelletier, J. Shearer) изложили результаты морских геологических исследований, проведенных в 1970—1971 гг. в море Бофорта на исследовательских судах «Ричардсон», «Паризо», «Баффин» и «Гудзон». Выявлена сложная расчлененность дна, связанная с деятельностью льдов при более низком уровне моря в конце плейстоцена. Л. Кинг с сотрудниками (L. King et al.) исследовали с применением метода сейсмопрофилирования комплекс подводных конечных морен на шельфе Новой Скотии.

В докладе У. Франка, Т. МакКиннея и Г. Фридмана, США (W. Frank, T. McKinney, G. Friedman), дано сравнение рельефа дна и осадков атлантического шельфа по обе стороны р. Гудзон, а в докладе Г. Шарма, США (G. Sharma) освещены некоторые вопросы терригенного осадконакопления в Бристольском заливе и прилегающей к нему части Берингова моря. Два доклада К. Уриена с соавторами, Аргентина (C. Urien and M. Ewing; C. Urien, L. Butler et al.), были посвящены геоморфологии и осадкам атлантического шельфа Южной Америки.

По теме «Минеральные ресурсы морского дна» было сделано три доклада (а кроме них опубликовано два). В докладе Дж. Хайлса, Англия (J. Hails), изложены результаты изучения россыпей тяжелых минералов (рутила, циркона и др.) на пляжах и в четвертичных осадках восточного побережья Австралии. Сделаны выводы о том, что наиболее значительные скопления рудных минералов связаны с отложениями древних береговых линий (плейстоценового и голоценового возраста), ограниченными системой барьеров.

Р. Сорем и А. Фостер, США (R. Sorem, A. Foster) доложили результаты детального послойного исследования в полированных шлифах текстур, химического и минерального состава океанских марганцевых конкреций. Показана изменчивость химического состава конкреций от слоя к слою, приуроченность повышенных содержаний Mn, Fe, Cu и Ni к концентрическим слоям определенного минерального состава (с макси-

мальным содержанием в отдельных тонких слоях некоторых конкреций Mn — до 60% и Ni — до 7%). Подчеркнута необходимость учета текстур конкреций при изучении их вещественного состава, а также возраста.

Запланированный доклад Ф. Кеглера, ФРГ (F. Koegler) о распространении марганцевых конкреций на дне восточной части Тихого океана не состоялся. Вместо него проведена краткая дискуссия о причинах неравномерного распространения конкреций на дне океана, в которой приняли участие М. Юинг, Е. Зейболд и Б. Хейзен.

Следует отметить, что некоторые вопросы происхождения конкреций, а также их экономического использования были затронуты на Конгрессе на заседании Симпозиума по марганцевым рудам, на котором также демонстрировался кинофильм об экспериментальной добыче конкреций на плато Блейк в Атлантическом океане.

Последний из числа оглашенных докладов по данной теме «Геологические исследования на континентальном шельфе Британских островов» Дж. Урайта, Р. Эдена и Р. Мак Куиллина, Англия (J. Wright, R. Eden and R. McQuillin), имел косвенное отношение к проблеме нефтегазоносности, поскольку он был посвящен геологическому строению морского дна по данным морских геофизических работ и глубинного бурения, связанного с поисковыми работами на нефть.

Симпозиум «Вклад глубоководного бурения в геологию». На двух заседаниях симпозиума (председатели Б. Хейзен и М. Петерсон, США) заслушано 10 докладов. В отличие от докладов на секции морской геологии и геофизики доклады симпозиума не были опубликованы к Геологическому конгрессу даже в виде тезисов (намечено опубликование их в журнале «Marine geology» или в каком либо другом издании).

Ко времени открытия Конгресса глубоководное океанское бурение по проекту «DSDP» (Deep — Sea Drilling Project) выполнялось на американском судне «Гломар Челленджер» уже в течение 4 лет. В 25 двухмесячных рейсах судна в трех океанах — Атлантическом, Тихом и Индийском — и в нескольких морях — Мексиканском заливе, Карибском, Средиземном, Беринговом, Коралловом, Красном — бурение было проведено в 250 пунктах. Если учесть, что в некоторых местах бурилось по 2—3 дополняющих друг друга скважины, общее количество скважин, пробуренных на больших глубинах (в среднем 3000—5000 м, а максимально — до 6387 м), уже достигло около 400. Скважины углубились в осадочную толщу на десятки и сотни метров; максимальное проникновение скважины ниже поверхности дна — 1300 м. Многие скважины прошли всю «рыхлую» осадочную толщу океанов и вошли в подстилающие ее базальты, а скважина 238 в центральной части Индийского океана углубилась в них на 80,5 м. Общая длина извлеченных кернов — более 20 км.

В скважинах получены разрезы отложений плейстоцена, неогена, палеогена и верхнего мела, а в нескольких скважинах в Атлантическом и Тихом океанах вскрыты осадки нижнего мела¹ и юры (до келловоя включительно, а возможно, и немного древнее). Во многих скважинах внутри осадочной толщи выявлены стратиграфические перерывы.

По общему мнению участников бурения, результаты его подтвердили концепцию растяжения морского дна, так как возраст базальных слоев осадочного покрова в большинстве случаев совпал с возрастом соответствующих магнитных аномалий.

Материалы бурения опубликованы в серии монографических томов — Initial Reports of the Deep—Sea Drilling Project (1969—1972). К началу Конгресса вышло из печати 12 томов с подробным описанием кернов первых двенадцати рейсов, таблицами разнообразных анализов и пред-

¹ В 26—27-м рейсах «Гломар Челленджера» нижнемеловые отложения были обнаружены и в восточной части Индийского океана.

варительными научными выводами по литологии, стратиграфии, микропалеонтологии и тектонике океанов. Ряд статей, кроме того, опубликован в разных журналах.

В задачи симпозиума, таким образом, входило дальнейшее теоретическое обобщение научных результатов бурения. Не излагая содержания всех докладов симпозиума, кратко отметим некоторые из них.

В вводном докладе Н. Эдгара, США (N. Edgar), сообщены главные сведения о ходе выполнения проекта глубоководного бурения и рассмотрены некоторые его геофизические результаты. Центральное место занял доклад Б. Хейзена, США (B. Heezen).

Он продемонстрировал уточненную (по сравнению с ранее опубликованной) схематическую карту возраста базальтового «основания» осадочной толщи почти для всей площади Тихого океана, за исключением южной, приантарктической области, где бурение пока не проводилось. На большей — восточной половине дна океана — возраст базальтов, подстилающих осадки, — кайнозойский, с последовательным увеличением (от плиоцена или миоцена — до палеоцена) по мере удаления от оси Восточно-Тихоокеанского поднятия и Североамериканского континента на северо-запад и запад. В центральной и западной частях Тихого океана (кроме Филиппинского бассейна и некоторых других районов) возраст базальтового фундамента — поздне- и раннемеловой, а местами юрский и, возможно, более древний. Вместе с тем из доклада следует, что в пределах современной площади океана почти не осталось участков, в которых можно было бы ожидать присутствия в рыхлой осадочной толще докембрийских отложений (и соответственно — более древней океанической коры, точнее ее верхней части). Докладчик сопоставил все разрезы отложений кайнозоя и мела, вскрытые в скважинах, и попытался связать изменения возраста и фациального состава глубоководных осадочных формаций Тихого океана с растяжением морского дна в обе стороны от системы срединно-океанских поднятий и дополнительных, частью уже отмерших, центров новообразования земной коры. На вопросе о возрасте самого океана он не останавливался.

В докладе У. Бергера, США (W. Berger) специальное внимание было уделено закономерностям распространения в толще глубоководных кайнозойских отложений Атлантического океана «фаций растворения», т. е. пелагических бескарбонатных осадков («красных» глин, цеолитовых глин, радиоляриевых илов), отлагавшихся ниже определенного батиметрического уровня — компенсационной глубины карбонатонакопления. В современных океанах эта глубина, называемая также критической, располагается в зависимости от положения в той или иной климатической зоне чаще всего между 4000 и 5200 м. Докладчик указывает, что чередование в толще пелагических отложений бескарбонатных и карбонатных осадков, обладающих различной степенью растворения биогенного известкового материала (фораминифер, наннопланктона), было связано через изменения донного рельефа, глубин океана и циркуляции вод со «спредингом» морского дна. Локальное значение имели вертикальные тектонические движения и процессы переотложения осадочного материала.

Доклад С. Холлистера, США (C. Hollister) был посвящен вопросам осадконакопления на континентальных окраинах, т. е. на континентальных склонах и подножиях, где был пробурен ряд скважин. Отмечено присутствие в разрезах отложений неогена и палеогена отдельных районов континентальных окраин турбидитов — терригенных отложений, образовавшихся в результате деятельности мутьевых потоков. Подчеркнута большая роль турбидитной седиментации в геологическом прошлом.

В докладе У. Райена, США (W. Ryan) были рассмотрены петрографические, геохимические и палеогеографические аспекты накопления в

миоцене Средиземного моря эвапоритов (галита, ангидрита), обнаруженных в нескольких скважинах под толщей морских осадков при глубоководном бурении в 13-м рейсе «Гломар Челленджера».

В докладе У. Хейя, США (W. Hay), было на ряде примеров показано, что глубоководное бурение в океанах существенным образом повлияло на развитие палеонтологии.

Доклад Дж. Юинга и Р. Хоутца, США (J. Ewing, R. Houtz) был посвящен вопросам связи со стратиграфией акустических свойств осадков.

В заключительном докладе М. Петерсона, США (M. Peterson), изложена программа дальнейших работ по глубоководному бурению в океанах, рассчитанная до 1975 г. включительно. После завершения бурения в центральной и восточной частях Индийского океана (26 и 27 рейсы — 1972 г.) судно «Гломар Челленджер» будет работать в водах Антарктики к югу от Австралии и Новой Зеландии, а затем выполнит ряд дополнительных и новых разрезов сначала в Тихом, а позднее в Атлантическом океане, включая Средиземное и Черное моря (28—44-й рейсы).

Таково основное содержание докладов по проблемам геологии дна океанов, обсуждавшимся на Геологическом конгрессе в Монреале.

Как видно из вышеизложенного, значительное внимание на Конгрессе было уделено вопросам тектоники океанов, причем в большинстве случаев они освещались с позиций неомобилизма. Уже упоминалось, что они были затронуты и в некоторых докладах на заседаниях секции тектоники. Например, Р. Дитц и Дж. Холден развивали представление о том, что Атлантический океан, а также западная и юго-восточная части Индийского представляют собой рифтовые океаны (rift oceans), которые продолжают расширяться, тогда как Тихий (trench ocean), окруженный почти со всех сторон глубокими желобами (зонами «засасывания» коры), постепенно сокращается с тенденцией к полному «закрытию» в отдаленном геологическом будущем. Восточная часть Индийского океана, прилегающая к Яванскому глубоководному желобу, является водоемом промежуточного типа (rift — trench basin). Большая гипотетичность подобных прогнозов дальнейшего тектонического развития океанов очевидна.

Недавно те же авторы (Dietz, Holden, 1971), реконструируя эволюцию распада Гондваны, высказывали предположение, что в восточной части Индийского океана (котловине Уортон или Западно-Австралийской) может быть обнаружена наиболее древняя океаническая кора — домезозойского возраста. Однако бурение в 22, 26 и 27 рейсах «Гломар Челленджера» присутствие ее здесь не подтвердило. Древнейшими осадками, вскрытыми в этой части океана (непосредственно над базальтами), оказались нижнемеловые (берриасовые) или титонские.

Не отрицая плодотворности идей неомобилизма, лежащих в основе современной гипотезы «тектоники плит», нельзя не подчеркнуть вместе с тем недостаточную разработанность и спорность отдельных ее положений, что не раз отмечалось в литературе и, в частности, в отдельных докладах на секции тектоники. Это относится, например, к таким вопросам, как состав и условия залегания магматических тел, с которыми связаны линейные системы магнитных аномалий, механизм «засасывания» океанической коры (вместе с покровом осадков) в зонах глубоководных желобов, причины и характер конвекционных течений под литосферой и т. д. Пока остается недоказанным также и предположение о полном уничтожении домезозойской осадочной оболочки на обширных пространствах ложа Тихого океана, по геологическим данным — древнейшего из современных океанов Земли. Не исключена возможность, что при последующем бурении через базальты «второго» геофизического слоя местами будут обнаружены и более древние породы осадочного происхождения (вероятно, метаморфизованные), наличие которых геофизическими методами пока установить не удается.

В области стратиграфии и океанских отложений, как это подчеркивалось в ряде докладов на Конгрессе, в последние годы отмечаются особенно грандиозные успехи. В результате глубоководного бурения впервые появилась возможность детальной корреляции разрезов всего кайнозоя и позднего мезозоя как отдельных частей океанов, так и всех континентов и океанов в целом. При этом на первое место для глобальной биостратиграфии вышли организмы фито- и зоопланктона — кокколитофориды и дискоастеры (известковый наннопланктон), фораминиферы, радиолярии, диатомеи, в меньшей мере другие представители пелагической микрофлоры и микрофауны (и в еще меньшей степени — донной макрофауны, встречающейся в осадочной толще океанов очень редко).

Не менее крупные успехи достигнуты в результате океанского бурения в области литологии, минералогии и геохимии осадочных пород, что также подчеркивалось в ряде выступлений на Конгрессе. Для огромных пространств трех океанов впервые получены обширные сведения о вещественно-генетическом составе дочетвертичных отложений, об изменениях их состава в пространстве и во времени. Обобщение материалов бурения еще далеко не закончено, а с позиций формационного анализа едва только начато. Несомненно, что оно может дать очень много для развития теории литогенеза, в частности осадочного рудообразования, для освещения кардинальных проблем истории Мирового океана.

По петрографии и магматических пород дна океанов на Конгрессе специальных докладов не было, но это связано со случайными причинами, поскольку в данной области знания в последние годы также имеются серьезные достижения и они обсуждались на ряде других международных научных совещаний. Две статьи, И. Мурдмаа и Г. Рудника с соавторами, касающиеся петрографии базальтов и вулканогенно-осадочных пород дна океана, опубликованы к Конгрессу в сборнике «Геология и геофизика моря...», 1972.

Вопросы геологической истории океанов, основывающиеся на данных стратиграфии, литологии и тектоники, как мы видели, в той или иной степени затрагивались во многих докладах на заседаниях секции морской геологии и симпозиума по результатам бурения. Вместе с тем, как это следует и из ряда докладов на секции тектоники, проблемы истории океанических водоемов (или палеоокеанологии) уже вышли за границы самих океанов. В пределах площадей континентов в эвгеосинклинальных складчатых поясах разного возраста установлено присутствие глубоководных отложений и древней коры океанического типа. Но в силу большой сложности тектонических структур складчатых поясов, в частности широкого развития тектонических покровов с горизонтальными перемещениями большой амплитуды, реальная палеогеография эвгеосинклиналей геологического прошлого остается еще неизвестной (Пейве и др., 1972). Можно предполагать, что океаны в разные периоды истории Земли занимали в областях современных континентов обширные пространства. Поэтому, учитывая единство и взаимосвязь тектонических процессов на Земле, дальнейшая разработка главнейших проблем геологической истории океанов должна вестись в тесной связи с изучением истории развития древних геосинклиналей.

Литература

- Безруков П. Л. Положение морской геологии среди смежных наук и ее основные задачи. — Океанология, 1961, 1, вып. 2.
- Геология и геофизика моря. Геофизические исследования земной коры (Международный геологический конгресс. XXIV сессия. Доклады советских геологов. Проблема 8). Изд-во «Наука», 1972.

- Геологическая карта Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана масштаба 1 : 10 000 000 (Министерство геологии СССР и Академия наук СССР). Л., 1973.
- Пейве А. В., Перфильев А. С., Руженцев С. В. Проблема внутриконтинентальных геосинклиналей.— В кн.: Тектоника (Международный геологический конгресс. XXIV сессия. Доклады советских геологов. Проблема 3). Изд-во «Наука», 1972.
- Пуцаровский Ю. М. Введение в тектонику Тихоокеанского сегмента Земли. Изд-во «Наука», 1972.
- Dietz R. S., Holden J. C. Reconstruction of Pangea: Breakup and dispersion of continents, Permian to Present.— J. Geophys. Res., 1970, 75; p. 4939—4956.
- Dietz R. S., Holden J. C. Pre-Mesozoic oceanic crust in the Eastern Indian Ocean (Whar-ton Basin)? — Nature, 1971, 229, p. 309—312.
- Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project. 1969—1972, v. 1—12.
- Laughton A. S., Matthews D. H., Fisher R. L. The structure of the Indian Ocean.— The Sea, 1971, 4 (2), Chap. 14, p. 543—556.
- Marine geology and geophysics.—Intern. geolog. congr. XXIV session, Sect. 8. Montreal, 1972.

Е. М. Сергеев, В. И. Осипов

ЗАДАЧИ И ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ В СВЕТЕ ИТОГОВ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА

Работа секции инженерной геологии на Международном геологическом конгрессе

Впервые вопросы инженерной геологии были включены в программу Международного геологического конгресса на его XXIII сессии в 1968 г. в Праге. Прошедший конгресс в Канаде ознаменовался дальнейшим расширением круга проблем инженерной геологии, обсуждавшихся на столь представительном кворуме геологов.

Во многих странах конгрессу предшествовала большая подготовительная работа среди ученых, работающих в области инженерной геологии. В нашей стране эта работа проводилась Секцией инженерной геологии при Национальном комитете геологов и специальной комиссией в Национальном оргкомитете конгресса. В процессе подготовки к конгрессу издательством «Наука» был выпущен сборник докладов советских геологов под названием «Гидрогеология и инженерная геология», в который вошло 8 статей по важным проблемам инженерной геологии. Позднее часть этих статей была рекомендована в качестве докладов на XXIV сессии Международного геологического конгресса.

Перед Конгрессом было проведено ряд совещаний, позволивших подвести некоторый итог развития инженерной геологии в нашей стране и наметить основные направления ее дальнейшего развития. В частности, на расширенном заседании Научного совета по инженерной геологии и грунтоведению АН СССР была проведена теоретическая дискуссия на тему «Пути дальнейшего развития инженерной геологии». В апреле 1972 г. в Московском государственном университете состоялось совещание по «Рациональному использованию земной коры» с участием специалистов из различных научных, учебных, проектно-изыскательских и производственных организаций. В июне 1972 г. в г. Тбилиси состоялась Всесоюзная конференция по инженерной геологии, на которой были обсуждены все основные проблемы инженерной геологии. В конференции приняло участие 356 специалистов из 40 научно-исследовательских институтов, 23 вузов, 72 проектно-изыскательских организаций, которые представляли все союзные республики. В конференции участвовали также ученые из Болгарии, Венгрии, Германской Демократической Республики, Польши, Чехословакии.

Эти и другие совещания по инженерной геологии, проходившие в Советском Союзе, дали возможность советским ученым выступить на Международном геологическом конгрессе не только от своего имени, но и отразить научные взгляды широкого круга ученых и специалистов, работающих в нашей стране в области инженерной геологии.

На XXIV сессии Международного геологического конгресса по проблемам инженерной геологии работала отдельная секция, в заседаниях которой приняло участие около 150 ученых более чем из 20 стран. Работа секции проводилась по следующим основным направлениям:

- проблемы урбанизации, окружающая среда и геология;
- геологические факторы, влияющие на устойчивость склонов;

- косвенные методы исследований в инженерной геологии;
- доклады по общим вопросам инженерной геологии.

В программу заседаний секции было включено 36 докладов от 13 стран, в том числе: США (10), Канада (6), Англия (5), СССР (3), Франция (2), Чехословакия (2), ФРГ (2), Финляндия (1), Австралия (1), Бельгия (1), Ирландия (1), Португалия (1), Югославия (1). Говоря о докладах в целом, хочется отметить, что в большинстве из них были использованы новые данные полевых и экспериментальных исследований, выполненных на высоком научном и теоретическом уровне. Наряду с докладами, посвященными частным проблемам инженерной геологии, были заслушаны доклады широкого обобщающего плана, отразившие достижения в целом в той или иной проблеме инженерной геологии.

От Советского Союза на секции был представлен доклад Е. Сергеева, З. Кривошеевой, В. Осипова «Использование результатов инженерно-геологических исследований глин для решения общегеологических вопросов», доклад Н. Варазашвили, Г. Золотарева, Е. Минервиной, И. Печеркина «Закономерности и прогноз переработки берегов крупных водохранилищ в районах сложного геологического строения» и доклад В. Солоненко «Сейсмическое разрушение горных склонов».

Кроме того, на Конгрессе работал симпозиум под названием «Науки о Земле и качество жизни», в программу которого был включен ряд докладов инженерно-геологического плана, в том числе доклад Ф. Котлова «Закономерности изменения природной геологической среды на территориях городов».

Все доклады советских геологов были выслушаны с большим интересом и вниманием. Выступившие в дискуссии ученые различных стран отметили высокий научный уровень советских докладов, а также правильность основных позиций, на которых базируется инженерная геология в нашей стране.

До начала и после окончания Конгресса состоялись тематические экскурсии. По инженерной геологии было организовано три длительные (8—9-дневные) и две кратковременные (1—2-дневные) экскурсии.

Одна из длительных экскурсий проходила с 12 по 19 августа в южной части Кордильер (провинция Британская Колумбия). Во время этой экскурсии были осмотрены различные инженерные сооружения, эксплуатируемые или возводимые сейчас в сложных геологических условиях этого района Канады: плотины, открытые карьеры по добыче полезных ископаемых, автодороги, мосты, виадуки и т. д. Участники экскурсии посетили строящуюся сейчас плотину Майка на р. Колумбия (проектная высота 220 м), а также гигантский оползень Хоупе, объемом около 65 млн. м³.

Две экскурсии (одна до конгресса, другая после конгресса) были проведены в восточной части Канады в районе Квебек — Лабрадор и южной части провинции Онтарио. Программа экскурсий включала посещение наиболее интересных инженерно-геологических объектов этого района: строительные площадки крупных промышленных и культурных центров, открытые карьеры по добыче полезных ископаемых, водохранилища и другие гидротехнические сооружения, районы интенсивного развития различных инженерно-геологических процессов в молодых глинистых осадках и т. д.

Локальные экскурсии проходили во время работы конгресса в окрестностях Монреаля и Квебека и были посвящены знакомству с инженерно-геологическими условиями этих городов и их окрестностей, а также с наиболее интересными инженерно-геологическими проектами, осуществляемыми в этих районах.

Экскурсии позволили их участникам получить представление об уровне инженерно-геологических исследований в Канаде, ознакомиться с методами и приборами, применяемыми при полевых и лабораторных

исследованиях, наблюдать реализацию разнообразных инженерных решений в различных геологических условиях Канады.

Прошедший конгресс несомненно явился важным этапом в развитии инженерной геологии. Он подвел итоги по основным теоретическим и практическим проблемам инженерной геологии за четыре года, прошедшие после Пражского конгресса. Анализ трудов Конгресса, а также многочисленных публикаций, вышедших в последнее время в разных странах, позволяет получить представление о некоторых результатах развития инженерной геологии за последние годы, а также наметить основные задачи и пути ее дальнейшего развития.

Развитие инженерной геологии за период между конгрессами в Праге и Монреале

Одной из важнейших проблем инженерной геологии за последнее время стала проблема воздействия человека на земную кору. По своему значению и последствиям для судеб человека эта проблема выходит далеко за рамки научных и экономических проблем, приобретая глубокое социальное значение.

За последнее время на геологическое развитие Земной поверхности все более активное влияние оказывает человек, деятельность которого становится мощным геологическим фактором. Действительно, только в СССР объем горных работ с учетом вскрыши составляет 7,2—7,5 млрд. т или 3,0 млрд. м³ в год. Нефть добывается в 62 странах; с середины XIX в. до начала 1968 г. извлечено из недр 27 млрд. т нефти и более 12,5 трлн. м³ газа, вместе с нефтью извлекаются попутные подземные воды.

Воздействие человека на земную кору при добыче полезных ископаемых растет вширь и вглубь и стало приобретать региональное значение. Глубина нефтяных и газовых скважин достигает 7—8 км, шахт и рудников до 4 км, карьеров до 800 м. Еще более интенсивно развивается воздействие человека на поверхностные слои земной коры в процессе строительства новых городов и промышленных центров, железных и шоссейных дорог, плотин, водохранилищ, каналов, распашки и сельскохозяйственной обработки земель, ирригации, мелиорации земель и т. д. Деятельность людей здесь приводит к перемещению горных пород в объемах, сопоставимых с денудационной работой рек, гидротехническое и ирригационное строительство захватывает территории в десятки и даже сотни тысяч квадратных километров. Общая протяженность берегов водохранилищ, созданных человеком только в нашей стране главным образом за последнее время, приближается к величине земного экватора. При добыче нефти для поддержания пластового давления в продуктивных слоях требуется закачка воды в глубины Земли, которую по масштабам можно сравнить с расходами отдельных крупных рек. Сооружаются подземные хранилища для нефти и газов емкостью в десятки миллионов кубометров. При разработке рудных ископаемых создаются огромные карьеры, из которых ежедневно откачиваются сотни тысяч кубометров воды, мешающей нормально эксплуатировать эти карьеры.

Под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности человека в земной коре происходит ряд коренных изменений: локально изменяется гравитационное, геотермическое, гидродинамическое, электромагнитное, геохимическое и другие естественные поля Земли. Формируется специфический комплекс новых антропогенных отложений, а также резко активизируются инженерно-геологические процессы и явления. Природные ландшафты преобразуются в горнопромышленные и сельскохозяйственные ландшафты. Все это в свою очередь оказывает огромное влияние на окружающую природную среду, изменяет состояние земной поверхности как среды обитания и жизнедеятельности человека.

Не случайно поэтому вопросы влияния человека на верхнюю часть земной коры занимали центральное место на заседаниях инженерно-геологической секции Конгресса. Из 36 докладов, включенных в программу секции, этой проблеме было посвящено 11 докладов. Кроме того, эти вопросы стояли в центре внимания симпозиума «Науки о Земле и качество жизни», где было заслушано 13 докладов. Причем работа симпозиума была вынесена на пленарное заседание конгресса в день его открытия 21 августа 1972 г. Интересно, что наибольшее внимание к этим вопросам проявляется в наиболее промышленно развитых странах, о чем свидетельствует количество докладов, заявленных по данной проблеме: США — 5 докладов из 10 включенных в программу заседания секции, Англия — 3 доклада из 5, СССР — 1 из 4 докладов, Австралия — 1, ФРГ — 1, Бельгия — 1.

Все это говорит о том, что советские ученые в последние годы правильно определили инженерную геологию как науку, изучающую земную кору, как объект инженерного воздействия человека.

В ряде докладов отмечалось, что уже сейчас проектирование развития новых горнодобывающих районов и промышленных центров, освоение новых сельскохозяйственных земель проводится с учетом научно-технического прогресса и возможных последствий влияния проектируемых сооружений на природную среду. Подобные прогнозы базируются на детальном инженерно-геологическом обосновании того или иного проекта, включающем инженерно-геологические карты различных масштабов, тщательные морфометрические обследования местности, всестороннее изучение свойств горных пород, постановку гидрогеологических и геодинамических режимных наблюдений и ряд других специальных исследований, учитывающих функциональный профиль осваиваемого района или отдельного проектируемого сооружения. В этом плане особый интерес представляют доклады, сделанные на Конгрессе С. Кратчлей и Б. Деннесс, Англия (С. Crachley, В. Denness); П. Мозер, США (Р. Moser); Д. Роквеу, США (J. Rockaway); Ф. Котловым, СССР; Ф. Грубе, ФРГ (F. Grube), и др. При проведении таких исследований широкое применение находят аэрофото- и фотометоды, различные геофизические методы, моделирование, электронно-вычислительная техника. Вместе с тем хочется отметить недостаточную проработку многих теоретических и методических аспектов этой проблемы, отсутствие четких критериев и методов научного прогноза изменений в земной коре под влиянием различной деятельности человека, недостаточную изученность физической природы и закономерностей формирования антропогенных геологических процессов и явлений, а также влияние на их развитие региональных геологических, зонально-климатических условий и характера деятельности человека.

Помимо рассмотренной выше проблемы, за прошедшие четыре года дальнейшее теоретическое, научно-методическое и экспериментальное развитие получили работы по инженерно-геологическому изучению свойств горных пород, геодинамическим процессам, региональному инженерно-геологическому картированию и т. д.

За прошедшие годы значительно углублены представления о природе прочности горных пород и закономерностях ее формирования на основании всестороннего изучения вещественного состава пород, их структурных и текстурных особенностей. Дальнейшее развитие получил генетический подход при изучении закономерностей изменения свойств пород. Существенно усовершенствованы как полевые, так и лабораторные методы изучения свойств пород. Вскрыты некоторые закономерности изменения свойств пород под влиянием процессов диагенеза, эпигенеза и гипергенеза.

Заметно продвинулись работы по изучению причин возникновения и механизма развития геологических процессов, создающих угрозу для

хозяйственного освоения территорий и строительства сооружений: оползней, селей, просадочных явлений, карста и др. Особо следует отметить разработки по исследованию структуры и напряженного состояния массивов горных пород в их естественном залегании, а также по применению для этих целей методов физического и математического моделирования. На Конгрессе этим вопросам были посвящены доклады Ф. Лейгтон, США (F. Leighton), У. Финн и Д. Эмери, Канада (W. Finn, J. Emery), Н. Варашвили и другие, СССР; Р. Оливейра, Португалия (R. Oliveira). Имеются достижения в области разработки теоретических основ и методики региональных инженерно-геологических исследований и составления инженерно-геологических карт разных масштабов. Последовательное использование методов формационного и фациального анализов, типологический подход к выделению территориальных единиц инженерно-геологического районирования, более полный учет зональных факторов, исследование пространственной изменчивости свойств горных пород значительно расширили содержание инженерно-геологических карт и приблизили их к требованиям планирующих и проектно-исследовательских организаций.

Широкое использование аэрофотографий, применение геофизических методов разведки позволило существенно облегчить и ускорить производство инженерно-геологических съемок труднодоступных территорий.

Все более широкое применение находят в инженерно-геологических исследованиях современные математические методы (математическая статистика, корреляционный и регрессионный анализ, теория информации, теория подобия и др.) и электронно-вычислительная техника для обработки собранных данных, планирования эксперимента, изучения пространственной изменчивости и пр. Для многих типовых задач, встречающихся в практике инженерно-геологических исследований, разработаны алгоритмы и программы для ЭВМ, частично опубликованные в специальных сборниках.

Возможно отметить, что за последние годы инженерная геология добилась известных успехов и в организационном плане. Международная ассоциация инженер-геологов (МАИГ), созданная на XXIII сессии Международного геологического конгресса в 1968 г., за последние четыре года значительно окрепла и получила признание среди других международных организаций. Членство ассоциации с каждым годом увеличивается; в настоящее время в МАИГ вступило 19 стран. В 1970 г. в Париже состоялся Первый Международный конгресс по инженерной геологии, в котором приняли участие инженер-геологи из 40 стран. В период с 1970 по 1972 г. по линии МАИГ было проведено несколько международных симпозиумов, в том числе симпозиум по «Инженерно-геологическому изучению глин и процессов в них», проходивший в Москве, в сентябре 1971 г. В 1974 г. в Бразилии намечается проведение II Международного конгресса по инженерной геологии.

Начиная с 1970 г. Ассоциация инженер-геологов выпускает свой научный журнал — бюллетень МАИГ. Пятый номер этого бюллетеня, вышедший к Международному конгрессу, был посвящен вышеозначенному Международному симпозиуму, проходившему в Москве.

Во время конгресса в Канаде состоялась Генеральная ассамблея ассоциации, на которой были проведены выборы в руководящие органы МАИГ. Президентом МАИГ был избран ее бывший генеральный секретарь М. Арну (Франция). Вице-президентами избраны: Е. Сергеев (СССР), Д. Скотт (Канада), Ф. Паез де Баррос (Бразилия), Р. Гордон (Австралия), Саади (Марокко), Х. Тонака (Япония). В состав Исполкома МАИГ вошел ее бывший президент К. Заруба (Чехословакия), а также по одному представителю от Англии, Бельгии, Ганы, Индии, Италии, Польши, Португалии, США, Финляндии. Генеральным секретарем ассоциации был избран Р. Вольтер (ФРГ).

Основные задачи и пути дальнейшего развития инженерной геологии

Анализ развития инженерной геологии за последние четыре года и материалы конгресса дают возможность утверждать, что в ближайшие годы она будет интенсивно развиваться как самостоятельное направление в геологической науке, имеющее задачу изучения земной коры, как объекта инженерной деятельности человека. В связи с этим за последнее время выявились два основных научных направления в инженерной геологии: а) разработка теоретических основ, эффективных методов и совершенных технических средств инженерно-геологических изысканий с целью геологического обоснования строительства; б) разработка методов прогноза и борьбы против нарушения природного равновесия в земной коре под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности человека.

По-прежнему одной из основных теоретических задач инженерной геологии является изучение природы и закономерностей формирования прочности горных пород. Успешно решить эту проблему возможно только при подходе к ней с генетических позиций и использовании геолого-петрографических, физико-химических и механических методов исследований. При этом особое значение приобретает правильное понимание и раскрытие тезиса: свойства горных пород зависят от их генезиса, имея в виду, что свойства любых горных пород определяются их химико-минералогическим составом, структурой и текстурой, которые формируются в процессе генезиса и под влиянием постгенетических явлений. При решении этой проблемы очень важным является правильное сочетание и увязка тонких лабораторных исследований, позволяющих проникать в микромир горных пород, с изучением массивов горных пород в полевых условиях с применением геофизических методов и натуральных экспериментов.

Дальнейшее развитие должна получить инженерная геодинамика. Основной теоретической проблемой здесь следует считать изучение напряженного состояния массивов горных пород, количественную оценку и прогноз инженерно-геологических и геологических процессов. Изучение этой проблемы может оказаться плодотворным при сочетании в ее решении естественноисторических и механико-математических подходов. Для этого необходимо: а) изучение физической природы и закономерностей развития геодинамических процессов в зависимости от региональных геологических и зонально-климатических особенностей, а также характера деятельности человека; б) дальнейшее совершенствование методов количественной оценки геодинамических процессов на базе сочетания натуральных наблюдений, моделирования и расчетов с применением электронно-вычислительной техники; в) расширение сети режимных наблюдений за геодинамическими процессами.

Важные задачи стоят в области региональных инженерно-геологических исследований, объем которых с каждым годом расширяется в связи с решением разнообразных народнохозяйственных проблем. В задачу региональных инженерно-геологических исследований входит выявление закономерностей в изменении инженерно-геологических условий территорий в зависимости от истории их геологического развития, установление региональных и зональных особенностей развития инженерно-геологических процессов и явлений, выявление геологических факторов, определяющих условия строительства и эксплуатацию инженерных сооружений, разработка прогнозов изменений инженерно-геологических условий в результате строительства. Основным итогом региональных инженерно-геологических исследований должны быть инженерно-геологические карты различных масштабов и проведенная на основании их инженерно-геологическая типизация местности.

Дальнейший прогресс инженерной геологии невозможен без совершенствования методов инженерно-геологических исследований и внедрения новых технических средств. Прежде всего речь идет о дальнейшем совершенствовании и расширении применения геофизических методов исследований, таких как электроразведка, микросейсмика, ультразвуковой каротаж, ядерно-пенетрационный каротаж, а также совершенствовании лабораторных методов исследований на базе применения последних достижений физики, химии, математики и приборостроения.

В качестве примера можно указать, что внедрение в инженерную геологию сканирующих электронных микроскопов даст возможность познать, а затем и количественно охарактеризовать микростроение пород, в том числе глин, состоящих из кристалликов размером $< 1\mu$. Необходимо дальнейшее расширение применения электронно-вычислительных машин при решении конкретных расчетных задач инженерной геологии с использованием унифицированных программ, а также создании информационно-поисковых систем для накопления, хранения и обработки инженерно-геологической информации.

Не менее важные задачи стоят и перед вторым научным направлением в инженерной геологии, связанным с изучением нарушений природного равновесия в земной коре под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности человека. Следует сказать, что эта проблема комплексная и охватывает целый ряд наук о Земле, но поскольку одним из основных проявлений нарушения природного равновесия, возникающего в результате воздействия человека на земную кору, является развитие различных инженерно-геологических процессов (оползней, обвалов, оседаний больших территорий, переработка берегов морей и водохранилищ, засоление, техногенная сейсмичность и т. д.), то инженерная геология, изучающая эти процессы, становится одной из ведущих дисциплин по изучению вопросов взаимодействия человека и земной коры.

Центральным теоретическим и практическим аспектом рассматриваемой проблемы является разработка методов прогноза возможных изменений в земной коре под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности человека и осуществление на этой основе мероприятий по рациональному использованию земной поверхности как среды обитания и жизнедеятельности человека.

Для решения этой проблемы необходимо:

а) расширение научно-исследовательских работ по изучению общих закономерностей изменения поверхности Земли и верхней части коры под влиянием различных видов инженерно-хозяйственной деятельности человека; б) разработка теории и методов научного прогноза антропогенных изменений земной коры: теории и методов управления, предупреждения и борьбы с отрицательно действующими инженерно-геологическими процессами и явлениями; в) применение и усовершенствование методов математического и физического моделирования возможных антропогенных изменений в верхней части земной коры и связанных с ними инженерно-геологических процессов.

Уже на современном этапе разработки этой проблемы совершенно очевидным является необходимость осуществления опережающих инженерно-геологических исследований территорий, предназначенных для интенсивного хозяйственного освоения, включающих инженерно-геологическое картирование, районирование и рекомендации по инженерной подготовке этих территорий. Такие исследования должны дать инженерно-геологическое обоснование проектов по осуществлению мер предупреждения и борьбы с отрицательно действующими инженерно-геологическими процессами и явлениями.

Таковы основные задачи, стоящие перед инженерной геологией на современном этапе ее развития и вытекающие из материалов XXIV сессии Международного геологического конгресса.

Г. В. Богомолов

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ

В программу заседаний секции гидрогеологии XXIV сессии Международного геологического конгресса было включено 49 докладов, освещающих 7 тем: 1) гидрогеология водоносных горизонтов и водоснабжение; 2) взаимосвязь поверхностных и подземных вод; 3) искусственное пополнение запасов подземных вод; 4) палеогидрогеология и гидрохимия; 5) гидрогеохимия и загрязнение подземных вод; 6) определение гидрогеологических параметров; 7) потоки в трещиноватой среде.

Преобладали доклады ученых США, Канады, ФРГ и Франции. Два доклада, включенных в программу, представили гидрогеологи СССР. По одному докладу было от Австралии, Англии, Польши, Румынии, Бельгии, Югославии, Италии, Голландии, Саудовской Аравии, Бразилии и Израиля.

Переходя к рассмотрению представленных и прочитанных на заседаниях секции гидрогеологии докладов по указанным выше темам, следует отметить малое число докладов, в которых освещались крупные теоретические и методические проблемы гидрогеологии. В большинстве докладов излагались темы частного характера.

Касаясь характеристики докладов по отдельным темам, необходимо отметить следующее. По первой теме — гидрогеология водоносных горизонтов и водоснабжение был приведен большой фактический материал по распространению подземных вод в ледниковых отложениях Канады и использованию их ресурсов для питьевого и промышленного водоснабжения. В ряде районов Канады уровни подземных вод из ледниковых отложений находятся близко к поверхности земли. В результате этого огромные земельные массивы подвержены заболачиванию. В районе Монреала, напоминающем Белорусское и Украинское Полесье, в настоящее время ведутся мелиоративные работы. В докладе было указано, что процент использования подземных вод из ледниковых отложений достигает более 50% от всей потребляемой подземной воды. Такому широкому использованию этих вод благоприятствует незначительная глубина скважин (40—70 м), высокий удельный их дебит (до 2 м³/час), простота эксплуатации и хорошее качество воды. Ледниковые отложения Канады так же, как и в северо-западных районах СССР, имеют несколько напорных горизонтов во флювиогляциальных отложениях, отделенных друг от друга пластинами моренных суглинков и глин мощностью 10—25 и редко 3—5 м. Верхняя морена перекрывается толщей надморенных песчаных отложений мощностью 6—10 м, содержащих грунтовые воды. Последние, как правило, используются копаными колодцами в основном для водопоя животных и редко для питьевых целей. По отдельным провинциям Канады составлены геологические и гидрогеологические карты ледниковых отложений в масштабе 1 : 100 000 — 1 : 200 000 и крупнее и каталоги скважин с данными о их глубине, производительности и химико-бактериологическом составе воды.

В развитии этого сообщения по территории Канады были заслушаны два доклада об артезианских водах района Онтарио, заключенных в песках, гравии и карбонатных породах района Виннипега. По району Онтарио было указано, что здесь на площади более 31 км^2 был выявлен на глубине 60 м напорный водоносный горизонт с уровнем воды 2—2,5 м от поверхности земли. Это позволило отказаться от использования более дорогой воды, получаемой из оз. Гурон.

Палеозойские отложения (известняки) в районе Виннипега сильно обводнены и при проходке метрополитена на глубине 30 м притоки в тоннель достигали $800 \text{ м}^3/\text{час}$.

По характеристике подземных вод четвертичных отложений было сделано сообщение по югу Италии и Сицилии. В этих районах воды из названных отложений по экономическим показателям выгоднее использовать, чем из глубоких горизонтов.

Интересный доклад был сделан по характеристике подземных вод, заключенных в континентальных песчаниках мезозоя территории Саудовской Аравии. На этот горизонт в настоящее время пробурено 39 эксплуатационных скважин глубиной каждая более 1000 м. С этой глубины получена пресная вода с температурой $38\text{—}40^\circ \text{C}$. Более высокие горизонты содержат минерализованную воду, малопригодную для целей водоснабжения и орошения.

По второй теме — взаимосвязь поверхностных и подземных вод были охарактеризованы различные природные факторы (геоморфология, геология, тектоника), обуславливающие разнообразные условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод. В докладе по району Мичигана и бассейну р. Потомак (США) приводились данные по изменению температуры подземных вод в зависимости от поступления в водоносный пласт воды открытого источника в различные периоды года. Большой интерес вызвал доклад по этой теме, который сделал канадский ученый Дж. Тот (J. Toth), выделивший в зависимости от типа дренирования (канал, река) различные зоны водоносного пласта по характеру движения потока.

Сообщения по третьей теме об искусственном пополнении запасов подземных вод докладчики касались общих теоретических вопросов оценки баланса подземных вод. Так, например, в докладе Б. Куделина и О. Попова (СССР) было рассмотрено влияние климата на формирование и изменение водного баланса. В их докладе были изложены принципы оценки баланса подземных вод на основе учета геолого-гидрогеологических и гидрологических особенностей районов гумидного и аридного климата и кривых расхода рек. Показана возможность составления карт подземного стока не только для бассейна отдельных рек, но и крупных регионов.

Сообщение доктора Ж. Энзель (G. Einsele) из ФРГ было посвящено региональной оценке баланса подземных вод, заключенных в песчаниках Центральной Европы на основе определения гидролого-гидрогеологических параметров, использования данных лизиметрических наблюдений, методов гидродинамики подземных вод. Показано, что наиболее достоверные данные по балансу подземных вод получают на основе комплексного использования данных гидрогеологии, гидрологии и подземной гидравлики.

Остальные доклады по этой теме касались оценки баланса и режима подземных вод и геолого-гидрогеологических параметров отдельных территорий Канады и США.

В докладах по четвертой теме о палеогидрогеологии и гидрохимии освещались общие вопросы гидрохимии и методика построения палеогидрогеологических карт как основы для оценки формирования различных типов подземных вод. В докладе, сделанном Г. Богомоловым от коллектива авторов (СССР), указывалось на необходимость учета характера

водного режима (элизионный или инфильтрационный) на протяжении определенных геологических периодов. Зная количество отжатых водных растворов из пород и их отток по пласту (коллектору) во времени, трудно определить коэффициент водообмена. Последний дает возможность решать вопросы о времени оттока вод древних морских бассейнов и замену их современными (инфильтрационными). Такая оценка позволяет судить и о роли подземных вод в формировании и разрушении нефтяных и газовых залежей, переносе различных компонентов в недрах и объяснять наличие аномально высоких и низких пластовых давлений при бурении и опробовании глубоких скважин.

Об активности и времени водообмена в глубоких горизонтах на основе изучения содержания в подземных водах и породах C^{14} и H^3 говорилось в докладе доктора М. Гей (M. Geyh) из ФРГ. Исследования по выявлению содержания C^{14} на основе 624 определений — были проведены в южных районах ФРГ, Центральной Европы и в Северной Бразилии. На основании полученных данных был установлен голоценовый возраст пресных вод южной части ФРГ.

В докладе доктора Ф. Швенсона (F. Swenson) из США были приведены данные по интенсивности водообмена на различных глубинах земной коры.

По пятой теме о гидрогеохимии и загрязнении подземных вод большинство докладов касались оценки гидрогеологических параметров при самоочищении загрязненных подземных вод и влиянию деятельности человека на изменение химического состава подземных вод. В докладе Е. Гроба (E. Groba) из ФРГ было показано увеличение нитратов в подземных водах до 50 мг/л на площади более 1000 км² в районе Ганновера в результате применения удобрений, богатых азотом.

В пяти докладах была освещена шестая тема секции гидрогеологии об определении гидрогеологических параметров. Основное количество докладов было сделано учеными США. В них были изложены теоретические и методические вопросы применения методов математической статистики при обработке геолого-гидрогеологических данных и возможности использования зональности гидрогеологических параметров для применения в математических моделях подземного потока.

По седьмой теме о потоках подземных вод в трещиноватых породах было заслушано 10 докладов. Большинство из них касалось оценки гидрогеологических параметров для трещиноватых пород кристаллического фундамента Канадского щита, докембрия Западной Австралии, оценки ресурсов подземных вод в метаморфических породах Северо-Восточной Бразилии, составлению моделей для оценки движения подземных вод в трещиноватых породах палеозоя горных сооружений ФРГ. В докладе по северной части Мексиканского залива освещалась роль гидрогеологических факторов при уплотнении грунтов в связи с их усадкой.

Анализируя заслушанные доклады, представленные на XXIV сессию международного геологического конгресса, с выполненными работами в той же области в СССР, следует подчеркнуть их более высокий уровень в Советском Союзе как по масштабности, так и по охвату теоретическими и методическими проработками. В области оценки естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод, гидрогеологического картирования, региональной и мелиоративной гидрогеологии Советский Союз занимает ведущее положение. В отношении применения геофизических методов для решения гидрогеологических задач, моделирования, а также ответственному восполнению ресурсов подземных вод необходимо более широкое международное сотрудничество и учет имеющейся мировой практики.

В. А. Вахрамеев

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

На XXIV сессии Международного геологического конгресса палеонтология была выделена в отдельную секцию, которая по количеству представленных и доложенных докладов оказалась одной из самых крупных. В томе трудов этой секции опубликовано 97 докладов и 13 резюме докладов, полные тексты которых не были представлены. Кроме того, шесть докладов, касающихся находок организмов в докембрии и возможных путей их эволюции, опубликованы в томе, посвященном докембрию.

Столь большой объем палеонтологического тома и соответствующего количества докладов, сделанных во время работы палеонтологической секции, длившейся 7 дней, объясняется отчасти и тем, что в нее были включены доклады не только чисто палеонтологического, но и биостратиграфического содержания. Секция же «Стратиграфия и седиментология», помимо докладов литологического направления, включала доклады, касающиеся только литолого-стратиграфической или фациальной тематики.

Работа палеонтологической секции в основном ограничивалась следующими темами: 1 — палеонтологические свидетельства за и против движения континентов; 2 — структура, химический состав и функциональная морфология ископаемых беспозвоночных; 3 — палеоэкология; 4 — скорость развития, вымирание и стратиграфические перерывы; 5 — применение математических методов в палеонтологии; 6 — палеоботанические данные и методы корреляции континентальных отложений с морскими. 15 из заслушанных докладов, не входивших в перечисленные выше темы, рассматривались отдельно на последнем заседании.

Резко усилившийся интерес к проблеме перемещения континентов, возродившийся в 60-х годах в результате палеомагнитных исследований и начавшегося бурения дна океанов, нашел отражение и в палеонтологических исследованиях. Напомним, что одними из главных аргументов в пользу существования дрейфа, выдвинутых полвека назад Вегенером и его сторонниками, были палеонтологические свидетельства. Неудивительно, что этой теме на палеонтологической секции было посвящено наибольшее число докладов (16).

Большинство авторов этих сообщений привели важные доказательства в пользу перемещения континентов. Доклады некоторой части исследователей содержали интересные данные о распределении той или иной группы организмов в геологическом прошлом. Однако установленные ими особенности распределения не могли быть объяснены только горизонтальными перемещениями материков, но требовали и смещения всей градусной сети, т. е. перемещения полюсов.

Наибольшие трудности вызывали особенности размещения организмов для наиболее древних периодов. Так, А. Пальмер, США (A. Palmer),

проанализировавший распределение кембрийских трилобитов, пришел к заключению, что современное размещение местонахождений их остатков не может быть объяснено с точки зрения статической концепции географии Земли. Им выделено четыре эндемичных типа трилобитовой фауны, обитавшей в эпиконтинентальных бассейнах, соответственно распространенных в Северной Америке, Сибири, Центральной Европе и Юго-Восточной Азии — Австралии — Антарктиде, а кроме того, два типа океанической фауны с общими агностицидами, но различными сопровождающими их формами.

Распределение трилобитов указывает на положение северного полюса в районе Северо-Западной Африки, тогда как кембрийский экватор проходил, вероятно, через Антарктиду и Азию. Существование Гондванского материка подтверждается.

Б. Боучек, Чехословакия (В. Bouček), изучавший распределение раннеордовикских граптолитов, пришел к несколько другой схеме распределения градусной сетки для начала этого периода. Он полагает, что экватор в раннем ордовике проходил через Центральную Америку, восточное побережье Северной Америки, Скандинавию и Индию, пересекая наискосок Азию; тогда как южный полюс располагался в Африке где-то в южной части Заира (Конго). К северу от экватора находилась Тихоокеанская провинция, захватывающая всю Северную Америку, большую часть Азии и Австралии, а к югу — Англо-Скандинавская, продолжавшаяся на западный берег Южной Америки. Еще далее к югу находилась Средиземноморская провинция, располагавшаяся в поясе умеренного климата.

На сходное расположение экватора для ордовика и силура указывал М. Нитецки, США (N. Nitecki), основываясь на распространении рецептакулид (группа сифонниковых водорослей), обитавших, как и современные представители этой группы, в теплых морях тропического пояса. Как видно из обзора этих, а также из ряда нерассмотренных здесь сообщений, в реконструкциях, сделанных для докаменноугольного времени, остается еще много неясного в отношении как взаимного расположения материков, так и положения экваториальной области. В некоторых случаях данные по различным группам фауны для разных, хотя и относительно близких отрезков геологического времени, не согласуются друг с другом.

Доклад Д. Уотерхауза, Канада и Г. Бонхэм-Картера, США (J. Waterhouse, G. Bonham-Carter) был посвящен распределению различных групп брахиопод на протяжении пермского периода (анализ производился по отдельным векам). Авторы этого сообщения полагают, что пермский экватор проходил через Техас, Средиземное море, юг европейской части СССР, Юго-Восточную Сибирь и Южный Китай. Австралия располагалась около Южного полюса. Океан, отделявший Гондвану от Азии, занимал тропическую зону и не был очень широким, как это показано на схемах других исследователей.

В. Наливкин, В. Познер и Н. Форш на основании анализа фаций произвели палеогеографическое районирование СССР для позднего палеозоя (средний карбон — поздняя пермь). Они пришли к заключению, что северный полюс находился в северо-западной части Тихого океана, а палеошироты пересекали поперек территорию Советского Союза. Экваториальная зона протягивалась от Скандинавии к Черному и Каспийскому морям. На протяжении позднего палеозоя все палеогеографические зоны согласованно смещались с северо-запада на юго-восток. Общая закономерность нарушалась, однако в Приморье и на Северо-Востоке СССР появлением карбонатных фаций с теплолюбивой фауной. Авторы доклада допускают, что эти регионы могли претерпеть перемещение относительно Европейско-Сибирского континента.

Новые факты, подтверждающие существование в позднем палеозое

Гондваны, образованной материками южного полушария и п-ом Индостан, привел Д. Ригби, Австралия (J. Rigby). Он показал, что большинство видов, принадлежащих к различным группам позднепалеозойских растений, произрастали на всех указанных территориях, но отсутствовали вне их, тем самым еще раз подтвердив поразительное единство глоссоптериевой флоры Гондваны.

Данные о ином расположении материков южного полушария и п-ова Индостан в юрский период и раннемеловую эпоху были приведены в докладе В. Басова, В. Вахрамеева, Г. Крымгольца, М. Месежниковой, В. Сакса и Н. Шульгиной, а также в докладе В. Шейбнеровой, Австралия (V. Scheibnerova). Современное распределение остатков двустворок и фораминифер показывает, что представителей этих групп, живших в поздней юре и мелу в умеренных широтах южного полушария (нотальные элементы), ныне находят и в тропической зоне (Индия, Мадагаскар, Сомали, Западная Австралия). К ним относятся двустворки *Vuchia* (Aucella), а также нодозариидово-эпистоминидовый комплекс фораминифер.

Шейбнерова на основании изучения распределения фораминифер полагает, что современные Индо-Тихоокеанская и Атлантические биопровинции являются результатом изоляции, вызванной современным расположением суши и моря, имеющим в общем меридиональный план, в противоположность широтному плану, существовавшему в мезозое. В то время сильно расширившийся к востоку Тетис, занимавший и всю северную часть современного Индийского океана, отделял Гондвану от материков северного полушария.

Данные, касающиеся времени отделения Африки от Южной Америки, приведены в трех докладах, один из которых был доложен на секции «Палеонтология», а два других — на секции «Стратиграфия и седиментология».

Р. Раймент, Швеция и Е. Тейт, Англия (R. Reyment, E. Teit) показали, что в районах Северо-Восточной Бразилии и Габона с позднего палеозоя и до неокома происходило отложение континентальных осадков. В неокоме в грабене, образованном в первую фазу разделения материковых масс, образовалось пресноводное озеро. Разлом постепенно расширялся и в апте, южная оконечность бассейна соединилась с океаном узким проливом.

Началось отложение солей — галита, сильвинита, карналлита, тахигидрита. В солях, местонахождения которых расположены по обеим сторонам Атлантики, обнаружены примеси одних и тех же элементов (В, F, Вг, Мп, Sr, Zn, Rb, Cu, Pb). Примерно одинакова и их концентрация, что дает дополнительное сходство солям Африки и Бразилии и подтверждает их образование в пределах единого (N. Wardlaw, Канада; C. Nicholls, Англия) солеродного бассейна. В результате дальнейшего расширения бассейна и трансгрессии, шедшей с юга, толща солей сменилась нормальными морскими осадками альба. К середине этого века море, наступавшее с юга, достигло Нигера.

Изучение аммонитов и двустворок показывает, что окончательное соединение северной и южной ветвей Атлантического океана произошло в конце раннего турона. Для этого времени устанавливается тождественность или значительная близость большинства видов, обнаруженных в Нигерии, Камеруне, Перу, Колумбии, Тринидаде и Марокко. Раймент и Тейт указывают, что, если для позднего альба между Марокко, с одной стороны, и регионом, охватывающим Нигерию, Габон и Бразилию — с другой, из 64 встреченных там видов только один вид является общим, то для конца раннего турона из 39 видов общими становятся 26 видов. После коньякского века сходство между формами двустворок, расположенных по обеим сторонам Атлантического океана, заметно сокращается, что связывается с продолжавшимся расширением последнего.

М. Мак Кена, США (M. McKenna) на основании изучения остатков

млекопитающих показал, что до конца раннего эоцена связь между Европой, Гренландией и Северной Америкой осуществлялась вдоль суши, связывавшей Землю Элсмира, Гренландию, Шпицберген и область Баренцева моря. Распад суши на отдельные участки и соединение Арктического бассейна и Атлантического бассейна полностью завершился к концу раннего эоцена. С несколько иной, хотя и противоречивой точкой зрения по отношению к выводам, заключенным в предыдущих докладах, выступили К. Тейхерт и А. Мейерхофф, США (С. Teichert, A. Meyerhoff). Они утверждают, что, хотя тщательное изучение распределения и степени разнообразия отдельных групп морской фауны и не опровергает в принципе дрейфа материков в результате раздвижения дна океана (теория «спрединга»), она вместе с тем не дает никаких доказательств в пользу изменения широты и долготы континентов, начиная с протерозоя. Результаты этого изучения также противоречат концепции о существовании Пангеи, Лавразии или Гондваны.

Основные доводы этих исследователей сводятся к следующему. Сходство видов морской фауны (в процентах), встреченных в отложениях разных континентов, остается почти одинаковым, начиная с фанерозоя, колеблясь от 7 до 15%. Количество общих видов в наше время такое же или еще выше, чем для любого прошлого периода, возможно, лишь за исключением девона. Градиенты разнообразия видов располагаются симметрично по отношению к современному термальному экватору. Ошибочная, по мнению этих исследователей, концепция Гондваны основана, как они думают, лишь на предположении о том, что континентальные отложения, содержащие глоссоптериевую флору, имеют на материках южного полушария исключительное распространение, тогда как одновозрастные им морские отложения позднего палеозоя и раннего мезозоя отсутствуют. Однако, подчеркивают они, таковые были открыты в последнее время. Автор предлагаемого обзора не видит, однако, в этом никакого опровержения существования Гондваны, так как соответствующие морские осадки отлагались в эпиконтинентальных бассейнах, иногда возникавших в пределах Гондваны и нисколько не нарушавших ее целостность как материковой массы. Единство же Гондваны подтверждается поразительной однородностью состава позднепалеозойской флоры, о чем ни слова не говорят Тейхерт и Мейерхофф, а также следами крупнейшего оледенения. Тут же уместно сказать, что градиенты разнообразия видов позднепалеозойской флоры вовсе не располагаются симметрично по отношению к современному экватору. Впрочем, о палеофлорах Тейхерт и Мейерхофф в своем докладе предпочитают не говорить ни слова.

Среди 10 докладов, посвященных проблеме «Скорость развития, вымирание и стратиграфические разрывы», одним из самых интересных, на взгляд автора этого обзора, является сообщение Э. Кауфмана, США (E. Kaufman) «Темпы эволюции и особенности меловых моллюсков Северной Америки». Изучив состав альбских и позднемеловых моллюсков и их зависимость от колебаний уровня моря, Кауфман пришел к следующим выводам.

Почти у всех групп (генетических линий) моллюсков наиболее интенсивные периоды адаптивной радиации и видообразования происходят внутри регрессивных этапов, располагаясь в начале или конце регрессии. Лишь у некоторых двустворок и аммонитов расселение происходило в середине регрессивного этапа. В целом группы, у которых эволюционные пики приходятся на окончание регрессии, благодаря их широкому распространению и способности выживания в сильно меняющихся условиях внешней среды, можно рассматривать как более эвритопные, чем группы, испытывающие наибольшую эволюцию в начале регрессии.

Среди широко распространенных семейств, эволюционирующих на протяжении 2—3 и более циклов развития морского бассейна, их перво-

начальное расселение (обычно приходящееся на конец регрессии) характеризуется быстрым темпом видообразования у одного или у небольшого числа эвритопных родов. Расселение во время регрессий последующих циклов характеризуется дивергенцией более высоких таксонов (подродов, родов).

Значительно меньше групп (генетических линий) испытывают интенсивную эволюцию во время трансгрессий. Периоды адаптивной радиации этих групп обычно связаны с началом или концом трансгрессии, т. е. в поворотные моменты развития морского бассейна. Расселение, приходящееся на середину трансгрессии, происходит у немногих эвритопных организмов и ряда стенотопных форм, первоначально обитавших в прибрежных условиях. С трансгрессиями, отделенными от предшествующих регрессий континентальными перерывами, связано появление и распространение небольшого числа выносливых (толерантных) групп, отличающихся небольшим видовым разнообразием.

Два рода событий ускоряют адаптивную радиацию моллюсков. Первый связан с изменением условий существования при переходе от относительно стабильных условий трансгрессии к начальным стадиям регрессии. В первую очередь на это изменение реагируют стенотопные группы. Второй род событий, связанный с максимальной стадией регрессии и соответственно воздействием изменившейся среды, прежде всего влияет на эвритопные группы, для которых с этим временем нередко бывает связана новая фаза адаптивной радиации.

Из изложенного вытекает, что основным фактором, стимулирующим расселение и ускоряющим видообразование меловых моллюсков, является воздействие изменяющейся среды, наиболее сильно проявляющееся во время морских регрессий. Эти выводы, сделанные Кауфманом, было бы чрезвычайно интересно проверить для других территорий земного шара и прежде всего для Советского Союза, в котором морские меловые эпиконтинентальные отложения пользуются очень широким распространением.

И. Видман, ФРГ (J. Wiedman) развивал мысль о том, что при более тщательном изучении изменения состава фаун на рубежах между соседними периодами мы не обнаруживаем ни всеобщего вымирания тех или иных групп на поверхности всей планеты, ни совершенно внезапного появления новых элементов. Изучение мезозойских фаун привело его к выводам, что при переходе через эти рубежи происходит: 1 — постепенное исчезновение вымирающих элементов (в таксономическом и количественном отношении); 2 — постепенное и синхронное замещение их новыми элементами, принадлежащими параллельным генетическим линиям, происходящее в небольших популяциях; 3 — очень быстрая, почти внезапная дивергенция новых элементов, с которой обычно связываются хроностратиграфические границы. Таким образом, внезапным является не появление новых элементов, а их быстрая спонтанная дивергенция и адаптивная радиация. Для объяснения этих процессов, полагает Видман, нет нужды прибегать к действию космических лучей, вызывающих внезапные мутации.

Доводы в пользу влияния изменений внешней среды на вымирание отдельных групп организмов и адаптивной радиации других приведены в ряде других докладов, характеристика которых дана ниже.

Л. Ван Вален и Р. Слоан, США (L. Van Valen, R. Sloan) объясняют исчезновение динозавров изменением характера растительности, повлиявшим в неблагоприятную сторону на питание этих рептилий. Они полагают, что вымирание этих последних в тропиках могло произойти несколько позднее, чем в США и Канаде.

Г. Вестерман, Канада (G. Westermann) связывает массовое вымирание цефалопод из группы *Ectocochlia* на границах перми и триаса, триаса — юры и юры — мела с резким сокращением шельфов и краевых морей. Таксоны этой группы, переживавшие упомянутые рубежи, об-

ладали гладкой или струйчатой раковиной и тонкими сифонными трубками, указывающими на обитание их в удаленных от берега океанических просторах, которых почти не коснулись отмеченные изменения в прибрежных частях бассейнов. Он полагает, что гладкие филлоцератиды и литоцератиды, перешедшие из юрского периода в меловой, явились исходными формами меловых аммонитов с орнаментированной раковиной, обитавших преимущественно в мелководной зоне.

Ряд сообщений касался неравномерности темпов эволюции отдельных групп животных.

Д. Хатт, Р. Рикардс, Англия; В. Берри, США (J. Hutt, R. Rickards, W. Berry) показали, что эволюция граптолитов на протяжении силура и раннего девона проходила с неодинаковой скоростью. Вслед за периодом относительной эволюционной стабильности, падающим на ордовик, в раннем лландовери происходит вспышка видообразования. После вымирания в раннем уинлоке ряда групп в начале лудлоу появляется ряд новых генетических линий, связь которых с более древними не удается установить. В конце силура — начале девона скорость эволюции граптолитов за исключением некоторых групп быстро уменьшается.

Г. Тэппан и А. Леблих, США (H. Tappan и A. Loeblich), рассмотревшие эволюцию различных групп протистов, куда входят акритархи, динофлагелляты, кокколитофориды и фораминиферы, отмечают, что в своем развитии эти группы испытывают вспышки эволюции, разделенные депрессиями. У большинства групп протистов эволюционные кривые в общем совпадают, хотя моменты климаксов несколько смещены друг относительно друга. Эти совпадения связываются с глобальными изменениями солевого режима, температуры и газообмена верхних слоев океанов и открытых морских бассейнов.

Доклад Р. Фраскари, Италия (R. Frascari) был посвящен эволюции крупных фораминифер палеогена. Им изучалась морфологическая изменчивость взрослых особей внутри отдельных популяций, существовавших на протяжении различных отрезков палеогена. Для диагностики зрелости особи выяснились особенности онтогенеза и полового диморфизма. Данные измерений были обработаны с помощью ЭВМ. Установлено, что на изменение отдельных признаков (например, степень усложнения радиальных ребрышек у *Nummulites fabiani* — *N. fichteli*) почти не влияет среда обитания, другие же признаки, как, например, отношение диаметра раковинки к ее толщине, определяют ее. Полученные данные проливают свет на причины, вызвавшие вымирание отдельных групп крупных фораминифер.

Р. Уилсон, США (R. Wilson) рассмотрел эволюцию и особенности вымирания некоторых групп раннетретичных грызунов на западе Северной Америки. В качестве предковой группы он выделяет семейство *Paratupaе*, появившееся в позднем палеоцене. Между эоценовыми и олигоценевыми грызунами пока не обнаружено промежуточных форм. Вероятно, их отсутствие связано с быстрой эволюцией зубного аппарата грызунов, вызванной сменой на западе Северной Америки лесов теплоумеренного климата, сухими саваннами и соответствующим изменением характера растительной пищи от более мягкой к сухой и жесткой.

Переходим к обзору сообщений, касавшихся палеоэкологии. Подавляющее число исследований этого рода (9 докладов из 11) касалось различных аспектов влияния среды на различные группы палеозойских беспозвоночных. В основу почти всех исследований такого рода была положена обработка многочисленных тафоценозов, производившаяся нередко с помощью статистических методов.

В. Берри и А. Буко, США (W. Berry, A. Boucot), показано изменение состава силурийских граптолитов с переходом от более мелководных к относительно более глубоким зонам, маркированным местообитаниями различных брахиопод. Детальному изучению прижизненных скоплений

раковин среднедевонских брахиопод вблизи Нью-Йорка и выводам об особенностях роста этих скоплений и причинах отмирания был посвящен доклад Р. Брея, Канада (R. Bray).

Рассматривались также синэкология криноидей нижнего карбона (N. Lane, США); экология мшанок среднего ордовика (I. Ross, США): взаимоотношение между составом сообществ различных беспозвоночных и окружающей их среды, на примере карбона Северной Америки (R. West, США) и т. д.

Лишь два палеоэкологических доклада вышли за рамки палеозоя. К ним относится сообщение Р. Скотта, США (R. Scott), предложившего предварительную экологическую классификацию сообществ бентона, основанную на изучении раннемеловых беспозвоночных США, и С. Сри-вастава, США (S. Srivastava), изучившего споры и пыльцу из различных пачек серии Эдмонтон провинции Альберта (Канада) и выяснившего типы существовавших тогда растительных ассоциаций. С. Сривастава установил, что при переходе от маастрихта (серия Эдмонтон) к палеоцену (свита Паскапу) происходило постепенное изменение климата от субтропического к умеренному.

Коснемся вкратце сообщений, посвященных структуре, химическому составу и функциональной морфологии беспозвоночных. Здесь много внимания было уделено изучению микроструктуры, а иногда и ультраструктуры и химического состава раковин современных и ископаемых скафопод (W. Haas, ФРГ); теребратулид (I. Delance, Франция), корбулид (B. Strachonirov, Болгария) и пектинид (T. Walter, США). Изучение структуры раковин у представителей семейства *Cornulitidae* (W. Blind, ФРГ) показало их генетическое родство с моллюсками, а не с конодонтами. Ряд исследований был выполнен с помощью электронного сканирующего микроскопа. В докладе Г. Эрбена (H. Erben, ФРГ) рассматривались закономерности биоминерализации, т. е. возникновения кристаллов, слагающих твердые минерализованные части организмов (скелеты, оболочки и т. д.). Эрбен подчеркнул, что изучение макро- и ультраструктуры неорганических компонентов у ныне существующих и вымерших организмов и состава слагающих их минералов должно войти в практику современных палеонтологических исследований.

Исследование некоторых фораминифер показало, что различные вариететы *Globigerina bulloides* можно использовать как индикаторы температуры океанических вод от холодных до умеренных и теплых (L. Van dy, США). Для Индийского океана установлена зависимость между диаметром и пористостью стенки *Orbiculina univversa* и широтой, т. е. опять-таки температурой воды (A. Ve, США). Робинсон, США (A. Robinson), изучив строение агностид (мелкие, слепые трилобиты) и особенности их биогеографии, привел доказательства в пользу пелагического образа жизни этих организмов.

К. Мюллер, ФРГ; Я. Ногами, Япония (K. Müller, Y. Nagami) доложили об особенностях роста и функциях конодонтов, строение которых они изучили с помощью как оптического, так и электронного микроскопов. Сообщение Г. Регнелла, Швеция (G. Regnell) было посвящено функциональной морфологии раннепалеозойских иглокожих.

В круг палеонтологических проблем следует отнести и доклады, посвященные органической жизни докембрия, рассматривавшиеся на сессии геологии докембрия.

Г. Пфлюг, ФРГ (H. Pflug) высказал мнение, что наиболее древние пока гипотетические формы *Metazoa* представляли колонии мельчайших организмов, сходных с *Fibularix*, описанного Пфлюгом из отложений системы Белт, возраст которой оценивается примерно в 1100 млн. лет. Подобно *Fibularix* этот предок обладал ветвлением от дихотомического до симподиального и прикреплялся ко дну бассейна. Развитие этой генетической линии, шедшее через усложнение ветвления и одновременного увеличения

размеров колоний, вероятно, привело к появлению рода *Agboea* и других форм, описанных из венда Южной Австралии.

Г. Хоффманом, Канада (H. Hoffman), произведена ревизия всех когда-либо описанных остатков докембрийских организмов на территории Канады, часть из них была признана псевдофоссилиями, происхождение второй части осталось неясным, принадлежность остальных остатков к организмам была подтверждена.

Л. Маргулис, США (L. Margulis), были рассмотрены теоретически возможные этапы эволюции, приведшие к возникновению из одноклеточных безъядерных организмов (прокариотов), к которым относятся бактерии, синезеленые водоросли и др., к организмам с ядрами в клетках (эукариотов).

С интересным докладом выступил Б. Соколов, охарактеризовавший вендский этап в истории земли и особенно его органический мир, к которому относится, в частности, знаменитая бесскелетная фауна Эдиакары в Южной Австралии. По мнению Соколова, вендский этап надо рассматривать в качестве наиболее древней системы фанерозоя, а не завершающей стадии рифея. Венд характеризуется такой высокой стадией дивергенции Metazoa, что появление скелетной фауны в кембрии нельзя рассматривать как криптогенное, а как результат изменения биохимических свойств покровных образований у бесскелетных высокоорганизованных Metazoa венда.

Заметим, что в составе палеонтологической секции, как и секции докембрия, было много докладов, посвященных строению и закономерностям развития строматолитов различного возраста. Интересующихся этой проблемой мы отсылаем к статье М. Раабен, посвященной этим вопросам, помещенной в этом же сборнике.

Для автора предлагаемого обзора особый интерес представляла группа докладов, касающихся методов корреляции морских и континентальных отложений и роли палеоботанических данных. Интересны исследования Ч. Смайли, США (C. Smiley), в течение пяти лет изучавшего стратиграфию альба и верхнего мела прибрежной полосы Северной Аляски, сложенных морскими и континентальными осадками, заходящими друг в друга языками.

На основании изучения растительных мегафоссилий (листьев и др.) им было выделено 8 зон. Возраст зон был установлен по соотношению с морскими фаунистически охарактеризованными отложениями. Подобная дробность определяется и тем, что на этом отрезке времени появляются покрытосеменные и постепенно вымирают цикадофиты, гинкговые и чекановские. Первые покрытосеменные отмечены в начале альба (II зона) и становятся одной из доминирующих групп в конце альба и начале сеномана (III и IV зоны). На протяжении второй половины альба (III зона) вымирают цикадофиты.

Эти данные представляют большой интерес для датировки меловых флористических комплексов Северо-Востока СССР, на территории которого меловые континентальные отложения имеют очень широкое распространение.

Д. Дуглас, Австралия (J. Douglas), впервые установил характер распределения мегафоссилий растительного происхождения в меловых отложениях Юго-Западной Австралии и выяснил соотношение между ранее выделенными палинозонами и зонами по микрофоссилиям. Установлено, что границы этих двух типов зон несколько смещены по отношению друг к другу. Остатки первых покрытосеменных были обнаружены в апте, в альбе они уже становятся многочисленными и разнообразными. Птеридоспермы, цикадофиты и гинкговые не переходят границу раннего и позднего мела.

Несколько докладов касалось палеопалинологии. В. Чалонер, Англия (W. Chaloner), дал характеристику раннедевонских спор из штата Мэн

(США). А. Покок, Канада (А. Росок), выделил из прибрежно-морских отложений всех трех отделов юры Западной Канады (свита Ферни) семь палинокомплексов. Помимо спор и пыльцы, для их характеристики были использованы планктонные одноклеточные водоросли. Н. Хьюз, Англия и Б. Пацелтова, Чехословакия (N. Hughes, B. Paceltova) обсудили принципы корреляции по палинологическим данным мелководных морских и континентальных осадков на примере меловых и третичных отложений Западной Европы. Они указали на особенное значение спор и пыльцы прибрежной растительности (особенно мангровой). Эти микрофоссилии в большом количестве уносятся в море и захороняются на его дне.

Близкой темы коснулся Д. Бэттен, Англия (D. Batten), рассмотревший зависимость состава палинокомплексов от типа фаций на примере вельда Англии. Выяснение этих соотношений необходимо для правильной корреляции отложений, по данным спорово-пыльцевого анализа. Возраст угленосных отложений Юго-Западного Мадагаскара был обоснован с помощью спор и пыльцы Г. Рокотоаривело, Малагасийская республика (H. Racotoarivelo).

Два доклада касались вопроса соотношения рубежей, устанавливаемых по резкому изменению флор с границами международной хроностратиграфической шкалы. Так, Г. Бенкс, США (H. Banks) указал, что на границе силура и девона заметного изменения в составе наземных растений, представленных еще небольшим числом форм (*Cooksonia*, *Zosterophyllum*, *Taeniocrada*), не происходит. Разнообразие их заметно увеличивается внутри зигена (ранний девон), когда появляются риниофитоны, тримерофитоны, баринофитоны, сциадофитоны и первые плауновидные.

В. Вахрамеевым был представлен материал, показывающий, что наиболее резкие рубежи в развитии мезозойской (точнее мезофитной) флоры не совпадают с границами периодов, установленными по фауне морских беспозвоночных. Так, наиболее заметные изменения состава флор происходят внутри среднего триаса и примерно на границе средней и верхней юры. Начало мезофита в Европе совпадает с границей ранней и поздней перми, в Сибири приходится примерно на середину поздней перми, а в Индии несколько отодвинуто от начала триаса.

Заканчивая обзор, необходимо отметить, что большинство выбранных для обсуждения палеонтологических тем было непосредственно связано с геологическими проблемами и помогало в разрешении их. Палеонтологи, за редким исключением, привели обширные доказательства в пользу перемещения континентов.

Доклады, посвященные темпам эволюции отдельных групп организмов и проблемам вымирания, показали неравномерность развития и выяснили детали этого процесса. Они дали много ценного материала для решения биостратиграфических вопросов, подтвердив, в частности, что моменту радиальной адаптации и дивергенции предшествует «криптогенный» период развития новых групп или форм организмов, уловить который часто долго не удастся. Палеоэкологические исследования, устанавливая влияние особенностей среды на морфологию тех или иных организмов или на состав сообществ, имеют большое значение для правильной корреляции разнофациальных отложений.

Исследования, касавшиеся изучения микроструктуры и функциональной морфологии беспозвоночных, а также морфологии пыльцы продемонстрировали все расширяющееся применение электронного сканирующего микроскопа, позволяющего пересмотреть в ряде случаев систематическое положение некоторых групп организмов.

Все вышесказанное определило, на мой взгляд, успех работы палеонтологической секции, одним из подтверждений которого может быть изданный к моменту начала XXIV сессии Международного геологического конгресса специальный том, содержащий полные тексты докладов.

М. Е. Раабен

О СТРОМАТОЛИТАХ

Проблеме исследования строматолитов было уделено много внимания на XXIV сессии Международного геологического конгресса. Эта группа органических остатков водорослевого происхождения, особенно широко развитая в отложениях докембрия, лишь недавно заняла место среди групп руководящих ископаемых.

Доклады, посвященные этой проблеме или затрагивающие те или иные ее аспекты, рассматривались как на секции «Геология докембрия», так и на секции «Палеонтология». Строматолитам, и вместе с ними другим органическим остаткам докембрия: микрофоссилиям, бесскелетным двуслойным организмам и т. д. были целиком посвящены два совместных заседания обеих секций в рамках темы «Условия среды в докембрии и происхождение жизни» (*Inter. geol. cong...*, 1972; *Programme*, 1972).

Обсуждение проблемы строматолитов имело место не только на заседаниях секций Конгресса, но и на более узких совещаниях и на рабочем коллоквиуме, проходившем в Университете Мак-Гилла и собравшем всех непосредственно занятых исследованиями водорослей и строматолитов специалистов, которые присутствовали на Конгрессе: число их составляло более тридцати человек из различных стран. Здесь обсуждались как общие вопросы: изменчивость строматолитов во времени, основные принципы систематики и т. д., так и конкретные вопросы диагностики отдельных таксонов. Обсуждение сопровождалось и шло в значительной степени на основе просмотра конкретного материала: шлифов, фотографий и других документов. Участники договорились также о систематической публикации библиографии всех работ, выходящих из печати.

Необычное для прошлых конгрессов внимание к проблеме строматолитов вне всякого сомнения связано с успехами советской школы биостратиграфии докембрия. Пробуждение интереса к ней широких кругов геологической общественности наметилось в начале 60-х годов: еще на XXI сессии МГК рассматривались некоторые вопросы их строения на палеонтологической секции; тогда же были опубликованы некоторые данные, указавшие на возможность использования этой группы органических остатков в стратиграфических целях для отложений докембрия. Однако и на этой сессии, и особенно на двух последующих, число докладов, посвященных строматолитам, было относительно невелико; в стратиграфическом аспекте они рассматривались почти исключительно советскими исследователями (*Стратиграфия позднего докембрия и кембрия*, 1960; *Геология докембрия*, 1964, 1968; *Geologie of Precambrian*, 1968). На XXIV сессии число докладов по этой проблеме возросло в несколько раз. Авторами их являются как наши исследователи, так и ученые ряда зарубежных стран: Канады, Франции, Австралии, США, Великобритании, Бразилии и др.

Вслед за опытом создания в СССР биостратиграфической шкалы верхнего докембрия, в основу которой легли комплексы строматолитов, изучение последних получило развитие во многих научно-исследовательских организациях. О широком размахе, который приобрели исследования, свидетельствует не только большое число докладов и публикаций, но и разнообразие их тематики. В них освещены вопросы стратиграфического значения строматолитов, намечена серия широких стратиграфических корреляций, рассмотрены вопросы природы, экологии, а также методики исследования этих ископаемых.

В стратиграфическом аспекте проблема строматолитов рассматривается по-прежнему почти исключительно на докембрийском материале. Обратившись к докладам советских геологов, так или иначе затрагивающих эту проблему, можно заметить, что, если на предыдущих сессиях МГК основное внимание было направлено на освещение опорных разрезов верхнего докембрия СССР и на их корреляцию при помощи строматолитовых комплексов, то к XXIV сессии наши исследователи перешли, главным образом, к вопросам корреляции межконтинентальной и к проблеме построения общей шкалы докембрия с широким привлечением строматолитов к решению этой проблемы в ее верхнедокембрийской части (Геология докембрия... 1972; Precambrian Geology..., 1972).

Возможность перехода к этому кругу вопросов обусловлена теми исследованиями строматолитовых комплексов, которые проведены в докембрии других стран и континентов. Часть этих данных была опубликована в период между XXIII и XXIV сессиями, а итоги их изложены в ряде докладов, представленных на Конгресс 1972 г.

Особый интерес для вопросов межконтинентальной биостратиграфической корреляции верхнего докембрия представили данные по Австралии, изложенные в докладах М. Глесснера, В. Прейса, Австралия (M. Glaessner, W. Preiss) и М. Уолтера, США (M. Walter).

Из докембрийских отложений различных районов Австралии (геосинклинали Аделаиды и Маунт-Иза, прогибы Амадеус, Джорджина, Кимберли, Наллиганы, Мак-Артур, плато Антрим) в интервале возраста от 2200 млн. лет до среднего кембрия на основе методики, разработанной в СССР, изучены и описаны более сорока форм строматолитов. В отложениях верхнего докембрия отчетливо различаются два комплекса строматолитов: нижний сходен со среднерифейским, верхний — с верхнерифейскими комплексами СССР. Возрастные границы вертикального распространения этих комплексов в свете данных радиогеохронологии оказываются одинаковыми в Австралии и СССР.

Данные по Африканскому материку также свидетельствуют в пользу возможности межконтинентальной корреляции отложений верхнего докембрия при помощи строматолитов. Комплекс строматолитов, детально изученный Ж. Бертран-Сарфати, Франция (J. Bertrand-Sarfati), с применением той же методики в ряде районов Западной Сахары, показал развитие комплекса верхнерифейских строматолитов в карбонатных толщах группы Атар Мавритании и ее аналогов; возраст этих толщ в свете радиометрических данных близок к возрасту стратотипических серий верхнего рифея СССР.

Данные, представленные в Монреале канадскими геологами, а также публикации, вышедшие за последние 3—4 года (см., например, Hofmann, 1971), показали, что широкое исследование строматолитов докембрия начато и в пределах Северо-Американского континента, или, точнее, возобновлено. Лет 25—30 тому назад, благодаря капитальным трудам Ч. Уолькотта, А. Фентона и М. Фентон (Ch. Walcott, A. Fenton, M. Fenton) и других ученых, строматолитовые комплексы докембрия Северной Америки могли рассматриваться в числе наиболее полно изученных, но позднее интерес к ним среди американских исследователей резко упал, и основное внимание привлекли современные формы.

Ныне начат как систематический пересмотр прежних данных по древним строматолитам, так и изучение многочисленных новых материалов. Весьма интересный материал из аналогов серии Белт был продемонстрирован на упомянутом выше коллоквиуме О. Дональдсоном, Канада (O. Donaldson). Он укрепил представление о сходстве строматолитового комплекса этих горизонтов с доверхнерифейским (нижне- и среднерифейским) комплексом рифея СССР, сложившееся у наших исследователей на основании анализа цитированных выше ранних работ и изучения отдельных образцов.

В значительной степени новыми и особенно ценными для советских исследователей явились данные о раннедокембрийских строматолитовых комплексах, развитых в пределах Канадского щита. Ранее имевшиеся сведения о комплексах этого возраста опирались, главным образом, на скудные поневоле данные по Балтийскому щиту с его редкими и большей частью сильно метаморфизованными карбонатными толщами. Канадский щит с его широким развитием слабо измененных осадочных формаций исключительно благоприятен для исследования древнейших строматолитовых комплексов, которые известны здесь, начиная с толщ, отнесенных, с долей условности, к верхнему архею, и особенно многочисленны в верхней части нижнего протерозоя, или афебит.

Первые результаты исследований проливают новый свет на облик дорифейского строматолитового комплекса, в котором оказываются широко представленными столбчатые строматолиты: крупные, неветвящиеся, гладкие, вертикально столбчатые постройки или мельчайшие ветвящиеся постройки из кремнистых и железорудных формаций, не имеющие аналогов среди рифейских форм, а вместе с тем и некоторые строматолиты, напоминающие рифейские.

Сравнительный анализ материалов по Советскому Союзу и по Северной Америке затруднен в какой-то мере различиями в принятых системах описания и номенклатуры. Можно пожелать, чтобы исследователи из Канады и Соединенных Штатов от формализованных схем вновь перешли к искусственной систематике палеонтологического типа и бинарной номенклатуре, принятым в ранних работах по Канадскому щиту, а сейчас широко применяемые в СССР, Австралии, Франции и других странах. Это тем более важно потому, что развитие работ по древним строматолитам в Канаде и Северной Америке безусловно будет много способствовать решению такой важной задачи, как сравнительное изучение органического мира раннего и позднего докембрия, и выяснению нижнего предела применимости биостратиграфических методов.

Эти вопросы, очевидно, могут решаться лишь на очень широком материале. Значительный интерес в этом плане представляют первые данные о строматолитах древнейших серий докембрия южного полушария, представленные к Конгрессу Л. Наги и Б. Наги, США (L. Nagy, B. Nagy), и другими исследователями.

Интересно отметить, что во время обсуждения на рабочем коллоквиуме в Монреале вопроса об общем ходе развития строматолитов на протяжении геологической истории, участники пришли к почти единодушному мнению о том, что подлинный колоссальный расцвет этой группы падает на верхний докембрий, причем максимум его падает на интервал, отвечающий верхнему рифею нашей шкалы; более позднее время характеризуется быстро прогрессирующим упадком. Необычайное обилие построек и связанное с ним характерное развитие соответствующих формаций, а также огромное качественное разнообразие обеспечили строматолитам в рифее роль руководящей группы, позднее ими утраченную.

Некоторые исследователи полагают, что мог существовать еще один более древний период расцвета строматолитов, менее значительный, чем рифейский, с максимумом, отвечающим примерно 2000 млн. лет, т. е. падающим на арфедбий. Проверка этого положения представляет особый

интерес для оценки границ применения строматолитов в стратиграфии.

Другие аспекты проблемы строматолитов, как показали данные, опубликованные или представленные к конгрессу, разрабатываются сейчас интенсивно и на большом материале как из докембрия, так и из почти всех систем фанерозоя.

Заканчивая обзор работ по строматолитам докембрия, необходимо упомянуть интересный доклад Дж. Хабберд, Великобритания (J. Hubbard), представленный на секцию «Палеонтология». Он посвящен сравнительному анализу морфологических и текстурных признаков верхнедокембрийских строматолитов (из серии Биттер-Спрингс, Австралия) и современных форм; автором сделана попытка интерпретировать на этой основе генезис текстурных особенностей слоев древних строматолитов, а также формы их построек.

Вопросы происхождения признаков строматолитов и прежде всего их слоев занимают одно из ведущих мест в работах по фанерозойским строматолитам и другим группам водорослевой проблематики, представленных на Канадский конгресс большой группой французских исследователей А. Мореном (A. Maurin), Ж. Бертран-Сарфати и Ж. Фабром (J. Bertrand-Sarfati, J. Fabre), Ж. Буруллеком, Ж. Дельфо, Ж. Готье (J. Bouroullec, J. Delfault, J. Gautier), П. Фрейте, Ж. Плазия (P. Freydet, J.-C. Plaziat).

Вторым важным аспектом, получившим освещение в этих работах, являются вопросы фациальной природы строматолитов, их приуроченности к той или иной среде и, в конечном счете, вопросы возможности их применения для палеогеографических реконструкций. Оба аспекта проблемы с той или иной степенью детальности освещены на материале различного возраста из различных областей: из девона Скалистых Гор, верхнего палеозоя Северной Африки, юрских, меловых и третичных отложений юга Западной Европы (Paleontology..., 1972).

Учитывая, кроме того, работы по фанерозойским строматолитам, опубликованные в последние годы в различных странах, в частности, исследования по строматолитам кембрия, ордовика и силура, выполненные в СССР И. Королюк, А. Сидоровым, Н. Кырвел, Г. Черновым и другими, можно сказать, что в круг исследований попадают сейчас строматолиты и близкие к ним группы карбонатной водорослевой проблематики из большинства систем фанерозоя.

В то же время очевидно, что в настоящее время как вопросы генезиса структурных особенностей строматолитов, так и вопросы их фациальной приуроченности пока еще не находят однозначного решения на материале фанерозоя. Представляется, что для решения этих вопросов необходимо в дальнейшем шире обращаться к строматолитам докембрия.

Как показало обсуждение, состоявшееся на коллоквиуме в Университете Мак-Гилл в Монреале, о котором уже упоминалось, все исследователи согласны в том, что, присутствуя на самых различных уровнях в палеозое, мезозое и кайнозое, строматолиты ни на одном из них не достигают того количественного богатства и качественного разнообразия, которое они обнаруживают в верхнем докембрии. Это ограничивает как полноту данных, которые могут быть получены на основе изучения «молодых», фанерозойских и современных, строматолитов, так и возможности сравнительного анализа этих форм и более древних.

Тем не менее, дальнейшее развитие исследований «молодых» строматолитов представляет большой интерес, а увеличение числа объектов такого исследования может значительно расширить перспективы сравнительного анализа молодых форм с формами верхнего докембрия, важнейшая роль которых для стратиграфии сейчас признана во всем мире.

Литература

- Геология докембрия. Изд-во «Недра», 1964 (Межд. геол. конгр. XXII сессия. Докл. сов. геологов. Проблема 10).
- Геология докембрия. Л., Изд-во «Наука», 1968 (Межд. геол. конгр. XXIII сессия. Докл. сов. геологов. Проблема 4).
- Геология докембрия. Л., Изд-во «Наука», 1972 (Межд. геол. конгр. XXIV сессия. Докл. сов. геологов. Проблема 1).
- Стратиграфия позднего докембрия и кембрия. Изд-во «Наука», 1960 (Межд. геол. конгр. XXI сессия. Докл. сов. геологов. Проблема 8).
- Bertrand-Sarfati J.* Stromatolites columnaires du Precambrien Superieur. Sahara Nord-Occidental. CNRS, Paris, 1972.
- Geologie of Precambrian. Prague, Academia, 1968 (Internat. geol. congr. Rept. XXIII session. Proc. section 4).
- Hofmann H. J.* Precambrian Fossils, Pseudofossils and Problematica in Canada.—*Geol. Surv. Canada, Bull.*, 189. Ottawa, 1971.
- International geol. congress. XXIV session. Abstracts. Montreal, 1972.
- Paleontology. Montreal, 1972. (Internat. geol. cong. XXIV session, sect. 7).
- Precambrian Geology. Montreal, 1972 (Internat. geol. congr. Rept. XXIV session, sect. 1).
- Programme. International geol. congress. XXIV session, Montreal, 1972.

В. В. Меннер

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОМИССИИ ПО СТРАТИГРАФИИ

Международная комиссия по стратиграфии (МКС) является старейшей и одной из крупнейших международных геологических организаций. В составе ее подразделений в настоящее время работают представители 80 стран мира. Организованная в 1878 г. на первом Международном геологическом конгрессе (МГК) для подготовки легенды Международной карты Европы, за первые два десятилетия своего существования Комиссия провела громадную работу по унификации стратиграфических подразделений, результатами которой сейчас пользуются все геологи.

В первой половине нашего столетия деятельность комиссии почти прекратилась и вновь возродилась лишь в 1948 г., когда после Второй мировой войны встал вопрос о необходимости международного сотрудничества геологов для составления международных геологических, тектонических и литологических карт как отдельных континентов, так и всей планеты в целом. В последующие годы деятельность Комиссии быстро развивалась. Основной задачей ее работ в эти годы являлась унификация наиболее дискуссионных участков стратиграфической шкалы и ее подразделений, используемых в разных странах. Для решения отдельных вопросов в составе комиссии был создан ряд подкомиссий, комитетов и рабочих групп, но вся работа велась только на сессиях конгрессов. В 1966 г. для обеспечения непрерывности в работе МКС и ее подразделений Комиссия вошла в состав Международного союза геологических наук (МСГН) и на XXIV сессии МГК утверждена ее новая структура.

В настоящее время МКС объединяет 17 подкомиссий, 8 комитетов и 8 рабочих групп, часть которых находится в состоянии организации (рис. 13).

Три подкомиссии разрабатывают общие вопросы.

Подкомиссия по стратиграфическому словарю (президент Ш. Помероль, Франция) за отчетный период провела большую работу. Ею почти закончено составление и издание стратиграфического словаря мира. К концу 1972 г. подготовлена серия выпусков, в числе которых изданы выпуски по нижнему карбону и мелу Англии, Ирану и Китайской Народной Республики. Начаты работы по составлению 2-го дополненного издания словаря и приступлено к составлению выпусков VIII тома, в котором рассматриваются основные стратиграфические подразделения в планетарном аспекте. Из этого тома до 1968 г. вышло только три разнотипных выпуска — эокембрий, миссисиппий и верхний апт, а в настоящее время подготавливается под редакцией М. Буроза (Франция) четырехтомное издание по карбону, значение которого очевидно.

На заседании в Монреале работа подкомиссии получила высокую оценку, а президентом подкомиссии по предложению Ш. Помероля, прошившего его освободить, был избран К. Лоренц (Франция).

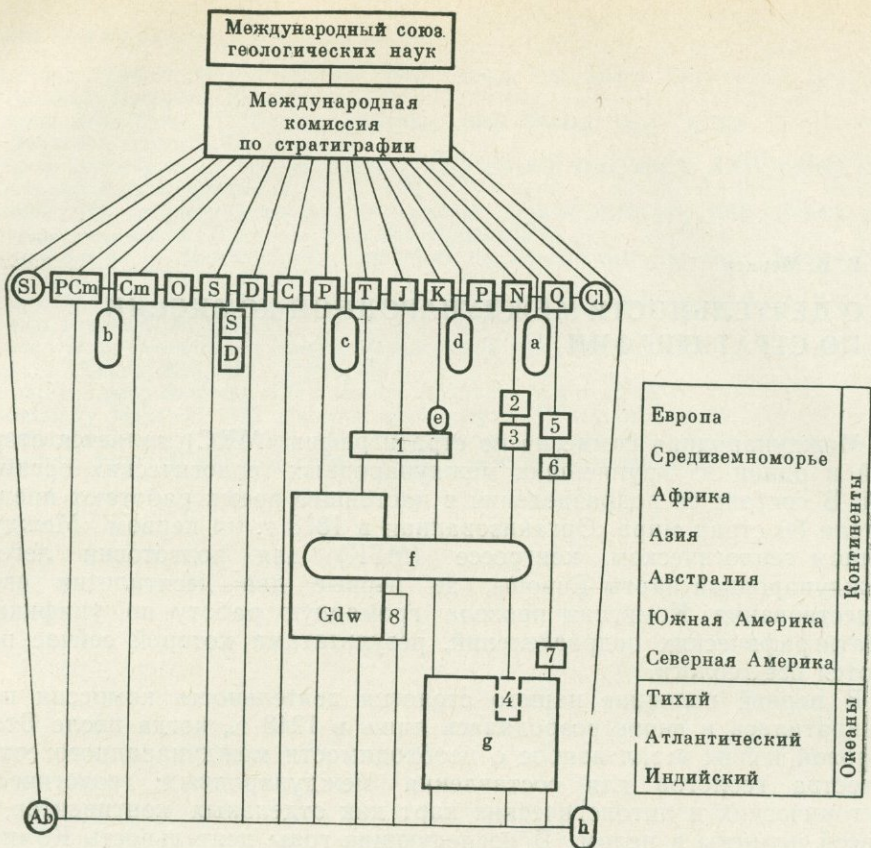


Рис. 13. Структура Международной комиссии по стратиграфии

- Подкомиссии:**
- CI — по стратиграфической классификации;
 - SI — стратиграфическому словарю;
 - Ab — геохронологии;
- Подкомиссии по стратиграфии:**
- PCm — докембрия;
 - Cm — кембрия;
 - O — ордовика;
 - S — силура;
 - D — девона;
 - C — карбона;
 - Gdw — Гондваны;
 - P — перми (в стадии организации),
 - T — триаса;
 - J — юры;
 - K — мела (в стадии организации);
 - P — палеогена (в стадии организации);
 - N — неогена;
 - Q — квартера.
- Комитеты по стратиграфии:**
- 1 — средиземноморского мезозоя;
 - 2 — северного неогена;
 - 3 — средиземноморского неогена;
 - 4 — тихоокеанского неогена;
 - 5 — квартера Европы;
 - 6 — квартера Африки;
 - 7 — квартера Северной Америки;
 - 8 — юры Южной Америки (в стадии организации).
- Рабочие группы:**
- a — по границе неогена и квартера;
 - b — по границе кембрия и докембрия;
 - c — по границе перми и триаса;
 - d — по границе мела и палеогена;
 - e — по стратиграфии верхнего мела;
 - f — по стратиграфии стран ЭКАДВ;
 - g — по корреляции меловых и кайнозойских морских отложений;
 - h — по палеомагнетизму

Подкомиссия по стратиграфической классификации (президент Х. Хэдберг, США) за 20 лет своей деятельности провела исключительно сложную работу по выявлению разногласий и согласованию представлений о категориях стратиграфических подразделений, используемых в разных странах. Однако за это время ей не удалось подготовить международного стратиграфического кодекса в связи с выявившимися существенными разногласиями среди геологов разных стран. К XXIV сессии МКГ ею было подготовлено и издано «Руководство по стратиграфической классификации», на основе которого может быть начато составление кодекса, что явится следующим этапом работы подкомиссии.

Подкомиссия по абсолютной геохронологии (президент Р. Фолинсби, Канада) вошла в состав МКС с 1968 г. За отчетный период она обобщила материалы по абсолютным датировкам тектогенеза альпийской зоны и материалы по датировкам пограничных отложений мела и палеогена Северной Америки. Последние работы показали, что в США и Канаде за границу между мелом и палеогеном принимается уровень в 63 млн. лет. Однако из-за отсутствия данных по стратотипическим разрезам Западной Европы и, в частности, данных по датировкам датского яруса — основной вопрос о возрасте границы мела и палеогена в мировом масштабе пока остался не выясненным.

На заседании в Монреале Фолинсби передал свои полномочия Э. Иегер (Швейцария), которая и была избрана президентом подкомиссии на следующий срок.

Учитывая необходимость координации работ по геохимическим и геофизическим методам с работами подкомиссий по отдельным системам, на Монреальской сессии МКС была организована рабочая группа по палеомагнетизму (президент Н. Воткинс, США).

Остальные 14 подкомиссий МКС, из которых 7 были впервые утверждены в Монреале, организованы для унификации подразделений отдельных систем или более крупных подразделений.

Подкомиссия по стратиграфии докембрия (президент К. Ранкама, Финляндия), организованная в 1968 г., в отчетный период сформировала актив подкомиссии, провела в 1969 г. совещание по стратиграфии протерозоя Скандинавии и подготовила для программы Международной геологической корреляции проект «Двух полушарий». На сессии МГК этот проект получил всеобщее одобрение. Он намечает конкретные пути разработки корреляции верхнедокембрийских отложений Евразии и Австралии, возможность которой выявлена в последние годы благодаря успехам изотопной геохронологии и изучению строматолитов, онколитов, акритарх и других органических остатков из докембрийских отложений.

Подкомиссия по стратиграфии кембрия (президент Дж. Стаблфилд), организованная в 1968 г., за отчетный период сформировала свой актив и приступила к обобщению материалов по стратиграфии кембрия различных стран.

На сессии в Монреале подкомиссия рассмотрела вопросы о нижней и верхней границах кембрия и ярусах среднего кембрия.

С докладами о нижней границе кембрия выступили П. Клауд, США (P. Cloud), разобравший разрезы пограничных слоев Северной Америки и рекомендовавший в качестве возможного стратотипа этой границы разрез в Калифорнии; М. Глесснер, Австралия (M. Glaessner) рассмотрел разрезы пограничных толщ Австралии; был зачитан доклад А. Розанова (СССР) о пограничных отложениях Сибири, в котором рекомендовался в качестве стратотипического разрез по р. Алдан.

Все присутствовавшие поддержали предложение о принятии за нижнюю границу кембрия момента появления в отложениях раковин и других скелетных остатков: хиолитов, археоциат и брахиопод и выделение в основании кембрия бестрилобитовых слоев (томмотский ярус). Большие споры вызвала граница палеозоя и протерозоя, так как П. Клауд и Б. Соколов предложили принять за нижнюю границу фанерозоя не появление организмов с жестким скелетом, а первое появление многоклеточных животных — эдиакарской фауны, что, по мнению П. Клауда, позволяет выделять в палеозое еще докембрийскую — эдиакарскую систему. Достичь согласия по этому вопросу не удалось, так как Глесснер и некоторые другие отмечали принадлежность эдиакарских фаун к несомненному криптозою — протерозою и подчеркивали, что появление многоклеточных, судя по разнообразию эдиакарских форм, падает на гораздо более раннее время в отличие от предположений П. Клауда.

В части уточнения границ и подразделений среднего кембрия А. Пальмер, США (A. Palmer), подчеркнул значительные различия, существующие между развитием трилобитов не только различных биогеографических провинций земного шара, но и различных фациальных зон одной провинции, что недостаточно учитывалось ранее при корреляции отложенных различных районов.

В сообщении по верхней границе кембрия Г. Хенингсмуна, Норвегия (G. Henningsmoen), и зачитанном содокладе Д. Скенингтона, Ирландия (D. Skenington), обосновывалась необходимость принятия за границу кембрия и ордовика основания зоны *Dictyonema flabelliformis*, хотя отмечалась и возможность использования в качестве границы подошвы зоны *Anisograptus* (подошва верхнего тремадока) или даже *Tetragraptus arroximotus*, если считать возможным включение ее в арениг, что ближе бы подходило к первоначальной трактовке объема ордовика.

На последнем заседании подкомиссии Дж. Стаблфилд просил освободить его от обязанностей президента и в качестве своего преемника предложил А. Пальмера (США), который и был единогласно избран присутствующими и утвержден МСГН.

Президентом-организатором вновь организуемой подкомиссии по стратиграфии ордовика был утвержден А. Вильямс (Ирландия) и было решено, что первое заседание этой подкомиссии, как и подкомиссии по стратиграфии силура (президент-организатор Н. Спелднес, Дания), состоится во время симпозиума по стратиграфии ордовикских и силурийских отложений Уэлса, который предполагается собрать в 1974 г. в Бирмингеме.

Большую работу за отчетный период выполнил комитет по границе силура и девона (президент Д. Мак Ларен, Канада). Следуя рекомендациям МКС о необходимости уточнения этой границы и ее стратотипа, комитет поставил на обсуждение разрезы 15 регионов мира, краткие сведения о которых были опубликованы в журнале «Geological Newsletter» за 1970 и 1971 гг.; организовал коллективный просмотр наиболее интересных четырех из них и, основываясь на полученных данных, рекомендовал принять за границу силура и девона основание зоны *Monograptus unifomis*, хорошо прослеживающееся на четырех континентах, а за стратотип границы — разрез у с. Клонк в Чехословакии, в котором граница может быть проведена в прослое известняка № 20 мощностью 20 см. В качестве разреза, дополняющего палеонтологическую характеристику стратотипа, комитетом рекомендован разрез Карлштейна, также в Чехословакии, хорошо сопоставляющийся со стратотипическим.

Президентом-организатором вновь созданной подкомиссии по стратиграфии девона утвержден Г. Эрбен (ФРГ). В настоящее время подкомиссия формирует свой состав и предполагает рассмотреть вопросы: о верхней границе девона, о ярусном расчленении нижнего девона и границе нижнего и среднего девона.

Подкомиссия по стратиграфии карбона (президент Н. Джордж, Англия), организованная в 1951 г. на III Геерленском угольном конгрессе, вошла в состав МКС в 1958 г. Основной задачей ее работы было рассмотрение нижней и верхней границ карбона, основных подразделений этой системы и границ между ними, а также уточнение подразделений, используемых в Западной Европе. Последние рассматривались в 1972 г. на заседании в Крефельде, где происходил VII Геерленский конгресс.

Этому конгрессу предшествовали собрания рабочих групп в Льеже в 1969 г., экскурсия в Северной Испании в 1970 г., во время которой специалисты могли познакомиться с наиболее полными разрезами пограничных слоев вестфала и стефана, а также коллоквиум в Майнце в 1971 г., на котором обсуждались вопросы расчленения вестфальских и

стефанских отложений. К сожалению, специалисты из СССР в этих заседаниях не участвовали.

В итоге в Крефельде подкомиссией была единодушно одобрена для Западной Европы следующая стратиграфическая схема.

Стратиграфическая схема каменноугольных отложений Западной Европы

Система	Подсистема	Отдел	Ярус
Каменноугольная	Силезская	Стефанский	Стефанский С » В » А
	»	Вестфальский	Кантабрийский Вестфальский D » С » В » А
	»	Намюрский	Исадонский Мирсденский Киндерскутский Альнортский Чокнерийский Арисбергский Псидлейский
	Динанская	Визейский	
	»	Турнейский	

Принятие кантабрийского яруса в основании стефана, по мнению подкомиссии, должно явиться прецедентом для переименования и остальных ярусов вестфала и стефана, ранее индексированных лишь буквами.

В части расчленения стефанских отложений подкомиссия одобрила выделение кантабрийского яруса в качестве нижнего члена стефанского отдела и рекомендовала в качестве стратотипа его нижней границы подошву известняка «Lores» в разрезе La Ojosa Валенсии (Северо-Западная Испания)¹, а за подошву стефана А рекомендовала принять подошву пачки «Carboneros» формации Барруело в старой железнодорожной выемке у Хелегара² и просила рабочую группу Буроца продолжить работы по уточнению подразделений, выделяемых в стефанских отложениях.

В качестве основания вестфала С была рекомендована подошва морской пачки «Aegir», в качестве основания вестфала В подошва морской пачки «Катерина», а вестфала А — подошва морских слоев с *Gastrioceras subcrenatum*, стратотипические разрезы которых в Южном Уэльсе рекомендовалось уточнить.

Последнее было выполнено рабочей группой М. Кальвэ после VII Геерлендского конгресса, предложившего в качестве стратотипических для обоих вышеназванных границ разрез в Южном Уэльсе (Англия).

Считая, что вопрос о границе карбона и девона не может решаться только специалистами по стратиграфии карбона, подкомиссия рекомендовала МКС создать по этой границе рабочую группу, а временно, после долгой дискуссии по докладу М. Стриля, сочла возможным считать за границу карбона и девона подошву зоны *Gattendorfia inflata*, согласно рекомендации Конгресса 1933 г. Выбор стратотипа этой границы подкомиссия наметила из разрезов региона, в котором установлены и другие ярусы верхнего девона и нижнего карбона, учитывая встречаемость в них конодонтов группы *Siphonodella sulcata*, важных для планетарных

¹ Wagner R. H., Varker W. J. The Carboniferous of Northwest Spain.— *Trabajos de Geologia*, 1971, 4.

² Wagner R. H., Winkler Prins. Colloque sur la stratigraphie du Carbonifere.— *Congres et Coll. Univ. Liege*, 1970, 55, p. 507—515.

корреляций и необходимость уточнения объема яруса турне, полагая, что границы систем отделов и ярусов должны совпадать.

Накопление значительных материалов по микропалеонтологическим характеристикам нижнекаменноугольных отложений различных континентов позволило подкомиссии рекомендовать усилить работы группы Е. Папрота (ФРГ) по детализации стратиграфии и этой части системы.

Была образована под председательством М. Гордона (США) рабочая группа по уточнению границы пенсильвания и миссисипи в разрезах различных районов Северной Америки и уточнению положения ее в разрезах Западной Европы.

В заключение было решено в 1973 г. созвать очередное заседание подкомиссии в Польше и Чехословакии для обсуждения тех же вопросов на материалах Силезского бассейна, а в 1975 г. на IX Геерленском конгрессе обсудить сопоставление стратиграфических шкал Западной и Восточной Европы.

Подкомиссия по стратиграфии Гондван (председатель Е. Пламстед, ЮАР) вошла в состав стратиграфической комиссии в 1960 г. В 1967 г. в Аргентине ею был проведен первый, а в 1970 г. в Претории — второй симпозиум. На них обсуждались вопросы палеогеографии Гондваны, особенности развития гондванских верхнепалеозойских и мезозойских флор, угленосность гондванских толщ и стратиграфия верхнепалеозойских ледниковых образований южного полушария.

В процессе работ этих симпозиумов, труды которых опубликованы, была установлена не только близость, но почти полная видовая идентичность верхнепалеозойских флор Южной Африки и Антарктиды и их близость с флорами Южной Америки и Австралии, что лишней раз подтверждает несомненность дрейфа этих континентов в верхнем палеозое, составлявших единый блок, подвергавшийся покровному оледенению.

3-й ее симпозиум проведен в августе 1973 г. в Канберре (Австралия), он был посвящен обсуждению вопросов Гондванской палеогеографии, флоре верхнего палеозоя и мезозоя, угленосности гондванских отложений, ледниковым образованиям и геохронологии верхнего палеозоя, а также вулканизму, тектонике и природе окраин континентальных блоков южного полушария.

На XXIV сессии МГК была оформлена подкомиссия по стратиграфии триаса. Президентом-организатором ее утвержден Ж. Рикур (Франция), вице-президентами избраны Э. Тозер (Канада) и А. Дагис (СССР). Основными направлениями работ подкомиссии намечаются: 1) освещение соотношений различных региональных стратиграфических схем триаса; 2) разработка универсальной стратиграфической шкалы; 3) обсуждение предложений по стратиграфической классификации; 4) граница палеозоя и мезозоя (для чего должна быть создана рабочая группа совместно с подкомиссией по перми); 5) верхняя граница триаса; 6) фации триасовых отложений; 7) палеогеография триаса (в сотрудничестве с комиссией по геологической карте мира).

Первое заседание подкомиссии было проведено в мае в 1973 г. в Вене.

Подкомиссия по стратиграфии юры (президент П. Мобж, Франция) имела в Монреале лишь одно организационное заседание. Следующее заседание подкомиссии состоялось в сентябре 1973 г. в Лионе во время симпозиума по границе юры и мела и стратиграфии титона.

Подкомиссия по стратиграфии мела (президент Р. Лаффитт, Франция) провела одно заседание, на котором обсуждался состав организационной группы подкомиссии; следующее собрание было созвано в сентябре 1973 г. в Лионе. При подкомиссии по стратиграфии меловых отложений работает организованная еще в 1952 г. рабочая группа

по маастрихту, которая завершила изучение стратотипического разреза этого яруса и в настоящее время приступила к сбору материалов по его аналогам в других странах.

На XXIV сессии МГК было решено организовать подкомиссию по стратиграфии палеогена, президентом-организатором которой утвержден В. Меннер (СССР), а вице-президентами Х. Болли (Швейцария) и Ш. Помероль (Франция). Первое заседание подкомиссии намечено провести в Каракасе, посвятив его обсуждению зональной шкалы палеогена по планктонным фораминиферам и наннопланктону (организатор Х. Болли), а второе в Крыму и на Кавказе для обсуждения корреляции ярусных подразделений палеогена Западной Европы и СССР.

В Монреале была окончательно утверждена подкомиссия по стратиграфии неогена, президентом-организатором которой избран Р. Селли (Италия). Подкомиссия должна объединить усилия трех региональных комитетов по стратиграфии неогена, попытаться наметить возможную унификацию принимаемых для неогена надъярусных, ярусных и зональных шкал и в содружестве с другими подкомиссиями организовать обсуждение границ неогена и рекомендовать их стратотипы.

Региональный комитет по стратиграфии средиземноморского неогена (президент Р. Селли, Италия) провел существенную работу по унификации стратиграфических подразделений неогена. В 1970 г. в Лионе Комитетом был проведен IV конгресс по средиземноморскому неогену с осмотром стратотипических разрезов нижнего миоцена и плиоцена в окрестностях Марселя и в бассейне Роны. К началу работ Конгресса было завершено издание четырех томов трудов III Болонского конгресса и выпущен том с описанием всех стратотипических разрезов ярусных подразделений Средиземноморья.

Как и на III конгрессе, достичь согласия о ярусном расчленении неогена как и о необходимости выделения в нем четырех надъярусов не удалось, но было рекомендовано продолжить обсуждение этого вопроса, основываясь на последних данных микропалеонтологии. Особое внимание на Конгрессе было уделено стратиграфии аквитанского и бурдигальского ярусов, для первого из которых предлагался неотип у Марселя, что, однако, не получило одобрения. Крайне интересным явилось сообщение Мартини, ФРГ (Martini), наметившего корреляцию зон планктонных фораминифер шкалы Блоу с зонами кокколитофорид, а также ряд сообщений по пыльцевой характеристике миоценовых и плиоценовых толщ и особенностям встречаемых в них комплексов остракод и позвоночных. В процессе дискуссии по докладам итальянских геологов, проводивших ревизию стратотипических разрезов плиоцена Италии, стала ясна невалидность таких ярусных категорий, как занклий, табиано, астий, которые являются лишь фаціальными аналогами частей плезанского яруса и, что особенно важно, выявилась неполнота разрезов плиоцена Италии, в которых по существу нет постепенного перехода от верхнемиоценовых мессинских толщ к плезансу, а имеется почти повсеместный перерыв, охватывающий зону *Sphaeroidella* океанических разрезов.

Исключительно существенной на Лионском конгрессе была дискуссия по комплексам млекопитающих верхнего миоцена и плиоцена, позволившая значительно детализировать наблюдаемую в средиземноморье последовательность комплексов млекопитающих и на ее основе подойти к уточнению корреляции континентальных толщ Италии, Франции, ФРГ, Турции и ряда других стран Южной Евразии и Северной Африки.

На Лионском конгрессе было переизбрано Бюро регионального комитета по средиземноморскому неогену, президентом которого избран Дж. Сенеш (Чехословакия) и утверждена рабочая группа по границе неогена и квартера (президент К. Никифорова, СССР). Следующее заседание комитета состоялось в Чехословакии в 1973 г.

Региональный комитет по стратиграфии неогена севера Европы (президент П. Кембридж, Англия), в который, к сожалению, пока не входит ни один представитель Советского Союза, за отчетный период провел только одно заседание, на котором обсуждалась стратиграфия крагов Англии и их соотношения с неогеновыми образованиями Голландии и ФРГ. Следующее заседание комитета намечено провести в 1974 г. в Исландии для обсуждения Тьернесского разреза.

На Сессии в Монреале было принято решение о создании при подкомиссии по стратиграфии неогена и третьего регионального комитета по стратиграфии неогена Тихоокеанского региона. Президентом-организатором его утвержден Н. Икебэ (Япония). Предполагается, что ближайшее заседание этого комитета состоится в Японии в 1974 г., на котором будет утвержден состав актива и намечен план работы комитета, которую предполагается проводить в тесном контакте с Тихоокеанским конгрессом.

Подкомиссия по стратиграфии четвертичных отложений (президент В. Шибрава, Чехословакия) чрезвычайно тесно связана с Международной ассоциацией по изучению четвертичных отложений Европы, комиссией которой она является. После VIII конгресса ИНКВА, на котором было переизбрано ее руководство, подкомиссия провела два заседания — в Праге (1971 г.) и в Москве (1972 г.), — на которых обсуждались вопросы основных подразделений квартера, их стратотипах и возможности считать ярусами отложения ледниковый и межледниковый. Ввиду выявившейся дискуссионности этих вопросов было решено продолжить их обсуждение.

Рабочая группа по границе плио-плейстоцена (президент К. Никифорова, СССР) является одновременно подкомиссией стратиграфической комиссии ИНКВА. Организованная еще на конгрессе ИНКВА эта группа была окончательно оформлена как группа двух подкомиссий на IV конгрессе по стратиграфии средиземноморского неогена. В 1972 г. она провела исключительно плодотворный Международный коллоквиум в Молдавии, Грузии и Азербайджане, в котором приняли участие ученые 21-й страны.

В процессе работы коллоквиума была уточнена формулировка, принятая XVIII сессией МГК 1948 г., и рекомендовано в качестве границы принять основание калабрийских отложений в разрезе La Costella, Santanzare в Калабрии, выше которого впервые появляются *Hyalinea balthica* (Schröter). Эта рекомендация была подтверждена подкомиссией по четвертичным отложениям пленума Международной стратиграфической комиссии и одобрена. Кроме того, на коллоквиуме в процессе его работы была составлена корреляционная таблица пограничных отложений неогена и квартера всех континентов и океанов, использующая как микропалеонтологические данные, так и данные по фаунам млекопитающих, палеомагнетизму и абсолютному возрасту. Эта граница совпадает с подошвой зоны *Globorotalia truncatulinoides* и эпизодом Гилза палеомагнитной шкалы. В дальнейшем группа предполагает продолжить работу по уточнению стратотипа границы и ее корреляции в разрезах всех континентов и океанов.

Комитет по стратиграфии четвертичных отложений Европы (президент Г. Люттиг, ФРГ) был организован в качестве подкомиссии ИНКВА для подготовки легенды карты четвертичных отложений Европы. Комитет провел за отчетный период два заседания — в Софии, 1970 г. и Бухаресте, 1971 г. совместно с подкомиссией по геологической карте Европы и лёссовой комиссией.

Региональный комитет по стратиграфии четвертичных отложений Африки — подкомиссия ИНКВА (президент П. Биберсон, Франция) — провел в декабре 1971 г. совещание в Адис-

Аббебе по выработке локальной и региональной стратиграфической терминологии для разрезов Африки.

Региональный комитет по стратиграфии четвертичных отложений Северной Америки — подкомиссия ИНКВА (президент Р. Флинт, США) отчетных данных о его деятельности не представил.

На заседаниях в Монреале был обсужден ряд организационных вопросов структуры комиссии и ее устава. Был пересмотрен первый вариант устава и подготовлен окончательный вариант, направленный сейчас на утверждение МСГН. Согласно этому проекту, в составе комиссии выделяются: 1) подкомиссии; 2) длительно работающие группы, призванные унифицировать как общие стратиграфические представления — номенклатуру и классификацию, так и обобщать данные по их употреблению; 3) подразделения или группы, работающие над детализацией стратиграфии отдельных систем. Внутри подкомиссий могут создаваться региональные комитеты, обсуждающие вопросы стратиграфии того или иного региона — это тоже длительно действующие подразделения, а для разработки отдельных вопросов комиссия и ее подразделения могут создавать рабочие группы.

Большую дискуссию вызвал вопрос о членстве в подкомиссиях и комитетах. Согласно уставу МСГН членом МКС являются лишь президенты ее подкомиссий, а ассоциативными членами являются президенты региональных комитетов и рабочих групп. В дополнение к ним было решено ввести членов-корреспондентов без права решающего голоса, но которые могли бы активно участвовать в работе комиссии с совещательным голосом. Было решено, что членами-корреспондентами подкомиссий и комитетов могут быть соответствующие специалисты, желающие активно работать в подкомиссиях или комитетах. Состав членов-корреспондентов подкомиссий и комитетов утверждается Бюро МКС. Подкомиссии и комитеты на своих заседаниях каждые четыре года избирают Бюро в составе президента и двух вице-президентов, секретаря и 10—12 членов.

Существенным вопросом, вызвавшим активную дискуссию, был вопрос о соотношении работ подразделений МКС и Международной программы геологической корреляции. В процессе дискуссии были одобрены основные направления работ Программы и была подчеркнута необходимость тесной координации работ по первому разделу Программы с работой соответствующих подкомиссий. На заключительном заседании МКС были проведены перевыборы Бюро комиссии, в состав которого вошли: президент Д. Мак Ларен (Канада), вице-президент М. Глесснер (Австралия), Х. Хэдберг (США), экс-президент В. Меннер (СССР), генеральный секретарь В. Нассичук (Канада).

На сессии в Монреале было особо подчеркнуто, что в течение ближайшего четырехлетия к следующему Конгрессу, МКС будет окончательно сформирована, а деятельность ее будет направлена на поддержку Международной программы геологической корреляции.

А. И. Жамойда, В. В. Меннер

ДВЕ ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗРАБОТКИ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Четыре года, отделяющие XXIV сессию Международного геологического конгресса (МГК) от предыдущей сессии, оказались исключительно плодотворными в области стратиграфии благодаря активной деятельности международных и ряда национальных ассоциаций стратиграфов. Этому во многом способствовала большая подготовительная работа по организации Международной программы по геологической корреляции — МПГК (Меннер, Жамойда, 1970; Заключительный доклад. Межправительственная конференция экспертов..., 1972), успешное проведение ряда стратиграфических совещаний и коллоквиумов, а также рациональная реорганизация Международной стратиграфической комиссии (Int. Com. on Stratigraphy, Circular 12, 1972).

Среди подкомиссий последней работу Международной подкомиссии по стратиграфической классификации (МПСК), бесменно возглавляемой Х. Хэдбергом (США), следует выделить особо, поскольку главной ее задачей и заботой была подготовка международного руководства по стратиграфической классификации и терминологии. Как известно, работа по составлению такого руководства (ранее называемого кодексом) началась с момента создания подкомиссии на XIX сессии МГК (Алжир, 1952 г.), на которой Х. Хэдберг выступил с программным докладом «Процедура и терминология в стратиграфической классификации» (Hedberg, 1954). В докладе была предложена схема стратиграфической классификации, принятая в американском «Кодексе стратиграфической номенклатуры» (Code of Stratigraphic Nomenclature, 1961). В советской литературе достаточно полно отражена работа МПСК до середины 60-х годов (Горский, Меннер, 1963; Меннер, 1966а; Жамойда и др., 1969), поэтому отметим лишь, что на XXI сессии МГК (Копенгаген, 1960) принципы стратиграфической классификации, предложенные Х. Хэдбергом, не были приняты; подверглось критике и его «Определение геологических систем» (Definition of geologic systems, 1964), представленное на следующую сессию МГК в Дели.

В то же время энергичная деятельность МПСК и, прежде всего, ее председателя способствовала активизации аналогичных работ в ряде стран. Стратиграфические кодексы, основанные в общем на принципах американского кодекса, были опубликованы в Австралии, Норвегии, Пакистане, Новой Зеландии, а в последние годы — в Малайзии и в Италии (Жамойда и др., 1969; Malaysian Code of Stratigraphic Nomenclature, 1968; Azzaroli, Cita, 1969).

Можно утверждать, что в 60-е годы сложилась и довольно значительно распространилась в различных странах концепция стратиграфической классификации, которую мы назовем для краткости американской. Ее действительно придерживается большинство геологов США, Канады и Мексики, хотя многие видные стратиграфы и этих стран возражают против отдельных ее пунктов и даже отрицают полностью.

Советские стратиграфы, активно приступившие в начале 50-х годов к созданию правил стратиграфической классификации и терминологии, сразу же сформулировали принципиально отличную концепцию стратиграфической классификации, основанную на решениях VIII сессии МГК и опыте отечественной геологической службы. В работах А. Криштофовича (1945), Б. Келлера (1950), Д. Степанова (1958), В. Меннера (1962), в известных брошюрах под редакцией Л. Либровича и А. Ротая (Стратиграфические и геохронологические подразделения, 1954; Стратиграфическая классификация и терминология, 1956; 1960) показано развитие этой концепции в Советском Союзе. Последние брошюры сыграли определенную роль в создании стратиграфических кодексов КНР и Чехословакии, а также оказали влияние на формирование соответствующих взглядов стратиграфов Болгарии, ДРВ и некоторых других стран. Отрицательное отношение большинства советских геологов к американской концепции стратиграфической классификации было четко сформулировано в брошюре «Стратиграфическая классификация и терминология» (1956).

Несколько раньше с критикой американской концепции выступил в ФРГ О. Шиндевольф (Schindewolf, 1950, 1954 и другие работы), а позднее во Франции Ж. Сигаль (Sigal, 1961). Представления последнего легли в основу французского стратиграфического кодекса (*Principes de classification et de nomenclature stratigraphiques*, 1962), авторы которого, следуя решению международных геологических конгрессов, учли также опыт и советских, и американских геологов.

Таким образом, в начале 60-х годов сложилась в международном масштабе и другая концепция стратиграфической классификации, разделяемая большинством европейских (в том числе советских) геологов. Ее сторонники имеются и во многих странах других континентов, однако назовем ее для краткости европейской концепцией.

Как же развивались американская и европейская концепции стратиграфии в последние годы и какие можно сделать выводы из обсуждения этих вопросов, состоявшегося во время XXIV сессии МГК?

Прежде всего необходимо отметить огромную работу, проведенную в последние четыре года председателем МПСК Х. Хэдбергом по составлению «Международного руководства по стратиграфической классификации». Работа эта состояла в подготовке циркуляров подкомиссии с проектами разделов «Руководства», их рассылке, анализе присланных замечаний, составлении новых вариантов проектов и, наконец, в публикации пяти отчетов подкомиссии (*ISSC. Reports 3—7, 1970—1972*). Всего с 1969 г. по 1972 г. было разослано 20 циркуляров МПСК (№ 23—42). В обсуждении материалов, помещенных в них, участвовало около 70 геологов из 32 стран, в том числе Г. Болли, С. Ван дер Хейде, М. Глесснер, Л. Дюбертре, А. Жамойда, Т. Зоргенфрай, Т. Кобаяси, Г. Коги, В. Леквийк, Ж. Лоусон, Д. Макларен, П. Мобеж, Р. Мур, Г. Мюррей, Д. Наливкин, И. Сапунов, Ж. Сигаль, А. Тиаденс, Н. Фишер, В. Харланд, Г. Хеннингсман, И. Хлупач, О. Шиндевольф, Л. Штормер, Г. Эрбен. Метод рассылки циркуляров позволил выявить мнения многих виднейших стратиграфов мира по некоторым принципиальным вопросам стратиграфии; однако этот же метод обеспечил видимую поддержку проектов большинством геологов, участвующих в обсуждении. В то же время не учитывалась неравноценность голосов, поскольку на равных правах принимались личные суждения и официальные мнения национальных служб, поскольку среди участников дискуссии были и неспециалисты в обсуждаемой области.

Как и следовало ожидать, Х. Хэдберг изложил те же принципы, которые отстаивал еще в 50-е годы, и дал ту же самую схему стратиграфической классификации, которая принята в американском стратиграфическом кодексе. Была лишь добавлена глава о страто-

типах¹, а во «Введении к международному руководству» (ISSC. Report, 7, 1972) включены специальные разделы, освещающие общие положения о подходе к решению проблемы стратиграфической классификации и некоторые спорные вопросы.

Принципы, заложенные в основу проекта «Руководства», можно коротко сформулировать следующим образом.

1. Стратиграфия — это наука о напластованиях пород и все особенности пород, слагающих пласты, являются предметом ее изучения.

2. Напластования пород классифицируются в независимые категории, выделенные по различным признакам этих пород. Основные категории стратиграфических подразделений — литостратиграфические, биостратиграфические и хроностратиграфические — резко отличаются по смыслу, хотя на практике соответствующие исследования обычно тесно взаимосвязаны.

3. Кроме стандартной глобальной (общей) стратиграфической шкалы, признается существование региональных «хроностратиграфических» подразделений.

4. Стратотипы имеют первостепенное значение в определении объема и границ хроностратиграфических подразделений.

5. Если естественная граница (естественная точка раздела) между смежными системами, отделами и ярусами может быть установлена, то ее следует использовать; однако проведение большинства границ является результатом решений, принятых людьми.

Приблизив в преамбуле «Руководство» к европейским принципам, автор не внес изменений в основной его текст, кроме специальной формальной статьи, повторяющей пункт 3 перечисленных выше принципов.

При обсуждении циркуляров МПСК несогласие с рядом основополагающих пунктов «Руководства» были высказаны со стороны представителей национальных стратиграфических комитетов СССР, ФРГ, Англии и Франции. Поскольку председатель МПСК не принял эти замечания, то дальнейшая разработка европейской концепции стратиграфической классификации происходила в рамках соответствующих геологических служб.

В Советском Союзе в эти годы был обобщен международный и отечественный опыт в области стратиграфической классификации (Жамойда и др., 1969; Проблемы стратиграфии, 1969; Ковалевский, 1971; Соколов, 1971; Яркин и др., 1971; Жамойда и др., 1973, и др.), подготовлен и издан «Проект Стратиграфического кодекса СССР» (1970), продолжается составление окончательного варианта кодекса.

Проект Стратиграфического кодекса СССР определяет стратиграфию как раздел геологии, изучающий последовательность формирования комплексов горных пород в разрезе земной коры, первичные соотношения их в пространстве и периодизацию этапов геологической истории. В проекте предусмотрены основные и вспомогательные стратиграфические подразделения, причем установление последних не регламентируется кодексом. Среди основных стратиграфических подразделений различаются три категории: местные, корреляционные (региональные) и общие (международные).

Предлагаемая проектом кодекса схема стратиграфической классификации отличается следующими особенностями.

1. Включает все стратиграфические подразделения, используемые в стратиграфии, независимо от комплекса методов, с помощью которых они установлены, а следовательно, независимо от их состава и геологического возраста.

¹ Как отмечает сам Х. Хэдберг (ISSC. Report, 4, 1970), до сих пор этот вопрос был наиболее полно и всесторонне рассмотрен в брошюре Л. Либровича и Н. Овечкина (1963).

2. Построена в соответствии с тремя последовательно решаемыми задачами стратиграфии — установлением возрастных соотношений комплексов горных пород, корреляцией стратиграфических подразделений и созданием общей стратиграфической шкалы.

3. При соблюдении единства принципов стратиграфии включает различные категории стратиграфических подразделений, которые образуют ряды самостоятельных таксономических шкал. Самостоятельность шкал означает, что установление и стратиграфические объемы стратиграфических подразделений одной шкалы не зависят от соотношений с подразделениями любой другой шкалы; стратиграфические подразделения разных шкал могут быть лишь сопоставлены между собой по геологическому возрасту и стратиграфическому объему. В то же время категории стратиграфических подразделений нельзя противопоставлять друг другу, и самостоятельность подразделений разных категорий не означает полной их независимости, как нельзя считать независимыми частное и общее.

4. Все стратиграфические подразделения характеризуются и обосновываются комплексами признаков. Стратиграфические подразделения разных категорий (шкал) различаются по размерам территории, в пределах которой они могут быть прослежены, и по ведущим критериям (чаще всего одному для каждой категории), на основе которых они устанавливаются.

Стратиграфы трех западноевропейских стран — ФРГ, Англии и Франции — попытались выработать общий подход к проблеме стратиграфической классификации, для чего провели три рабочих совещания и опубликовали «Совместное соглашение по основным проблемам стратиграфии» (Laffitte etc., 1972). «Соглашение» подписали П. Лаффит, В. Харланд, Г. Эрбен, В. Блоу, В. Хаас, Н. Хьюг, В. Рамсботтом, П. Рат, А. Тинтан, В. Циглер.

Важнейшими согласованными принципами приняты следующие:

1. Стратиграфия — это изучение пород и их распространения во времени и в пространстве с целью восстановления истории Земли.

2. Надежный стратиграфический синтез может быть достигнут только комплексным применением оптимального количества различных методов. Стратиграфия представляет собой единство различных аспектов, вытекающих из применения различных методов. Поэтому оправдано установление единых стратиграфических подразделений, охарактеризованных комплексом признаков, а не нескольких независимых категорий стратиграфических единиц.

3. Местные стратиграфические подразделения устанавливаются на основании всех характеристик горных пород, включая определения органических остатков. Корреляция местных стратиграфических подразделений должна осуществляться с помощью различных доступных методов.

4. Подразделения универсальной (общей) стратиграфической шкалы должны иметь границы, согласованные в международном масштабе. Граница между смежными единицами общей шкалы может быть определена только по одной фиксированной в выбранном разрезе точке, которую предлагается называть контрольной точкой.

Сравнив основные положения проекта Стратиграфического кодекса СССР и совместного соглашения стратиграфов трех западно-европейских стран, можно с удовлетворением отметить, что эти документы построены в общем на единой основе, что точки зрения большинства советских и значительного числа западно-европейских стратиграфов сильно сблизились. Таким образом, этими документами подтверждено существование единой европейской концепции стратиграфической классификации, принципиально отличной от американской. Именно поэтому мы предлагали в преамбуле к «Руководству» подробно изложить две главные концепции стратиграфической классификации, широко распространенные в

настоящее время в мире (ISSC. Circular 40, 1972). Это предложение было высказано и в докладе от СССР на заседании МПСК в Монреале (Жамойда и др., 1972). Однако Х. Хэдберг не согласился с этим предложением, поскольку считает, что «в мире существует столько же различных точек зрения по вопросам стратиграфической классификации и терминологии, сколько в нем живет стратиграфов» (ISSC. Report, 7, 1972, стр. 10). В качестве комментария к цитированному высказыванию можно заметить, что в нашем предложении речь идет не о личных точках зрения, а о принципах, концепциях стратиграфической классификации. Знакомство со спорными вопросами, приводимыми Х. Хэдбергом в том же самом разделе «Руководства», объективно подтверждает существование именно двух главных и принципиально различных концепций стратиграфической классификации.

Перед XXIV сессией МГК была опубликована статья одного из инициаторов «Соглашения» виднейшего стратиграфа ФРГ Г. Эрбена «Ответ оппонентам» (Egben, 1972). Автор аргументированно полемизирует с Х. Хэдбергом и рядом других стратиграфов (Глесснер, Сальвадор, Серна, Штеклин) и, как нам представляется, удачно показывает несостоятельность некоторых тезисов своих оппонентов.

Г. Эрбен обоснованно не соглашается с расширением сферы стратиграфии фактически до сферы исторической геологии, а нередко с охватом и других разделов геологии. Автор не соглашается со сторонниками мнения о существовании «нескольких стратиграфий». «Не существует трех различных наук — «литостратиграфии», «биостратиграфии» и «хроностратиграфии», а существует лишь одна наука стратиграфия, в которой два метода (изучение литологии горных пород, а также датировка и корреляция с помощью руководящих ископаемых форм) неразрывно связаны друг с другом и в которой, вероятно, могут с пользой применяться и другие дополнительные методы» (Egben, 1972, стр. 82). Подобная точка зрения была сформулирована составителями проекта Стратиграфического кодекса СССР следующим образом: «В последние годы нередко местные стратиграфические подразделения называют литостратиграфическими, что бесспорно сужает это понятие... можно говорить лишь о литостратиграфическом методе как литологическом (или фашиально-литологическом) применительно к задачам стратиграфии. Аналогично можно трактовать и другие методы — биостратиграфический, тектоно-стратиграфический, климатостратиграфический и т. д. Именно исходя из этого, представляется неправомерным делить стратиграфию на литостратиграфию, биостратиграфию, климатостратиграфию, ритмостратиграфию и т. п.» (Яркин и др., 1971, стр. 52).

Даже американские геологи, применяя «литостратиграфические» термины, на практике далеко не строго пользуются «множественностью стратиграфий», и выделенные ими «формации» очень часто являются не чисто литологическими, а собственно стратиграфическими единицами, выделенными по комплексу признаков и называемыми в Советском Союзе «свитами». Г. Эрбен указывает в этой связи на корреляционные схемы палеозоя, публикуемые в «Бюллетенях геологического общества Америки». Да и трудно было бы предположить, что в практической работе геологов двух континентов существует столь различный подход к изучению геологических образований. Если это так, то принцип полной независимости стратиграфических подразделений, декларируемый американским стратиграфическим кодексом и «Руководством» Х. Хэдберга, выполняется лишь теоретически.

Возражая защитникам «прогрессивного» характера идеи «литостратиграфии» (Коллинз, Петцалль, Ранкама, Сальвадер), Г. Эрбен напоминает, что эта «новейшая» идея была господствующей на заре развития стратиграфии в XVIII в., когда литологические особенности были единственным инструментом для расчленения и корреляции разрезов.

Г. Эрбен пишет: «Речь идет не о главенстве или приниженном положении (литологического или палеонтологического метода. — *Прим. авт.*), а о полноте или неполноте результатов стратиграфических исследований. Для любого логического ума должно быть ясно, что чисто «литологические» результаты (т. е. полученные без учета возраста подразделения) являются менее полными, чем результаты, включающие определение возраста» (Erben, 1972, стр. 81).

Кратко, но достаточно аргументированно Г. Эрбен показывает, что «хроностратиграфия» в понимании Х. Хэдберга является скорее чисто теоретической категорией, если она не зависит от каких-либо физических параметров. И действительно, определение геологического возраста (относительного или абсолютного) может опираться только на физическую основу, т. е. возрастной интервал, соответствующий объему стратиграфического подразделения, «должен характеризоваться каким-либо уникальным историческим событием, произошедшим в ходе необратимого процесса» (Erben, 1972, стр. 91). В настоящее время эти события могут фиксироваться палеонтологическим и радиометрическим методами. «Таким образом, мы фактически имеем дело с геохронометрией (радиометрией) или с «биостратиграфией» Хэдберга. Вышесказанное говорит о том, что «хроностратиграфия» Хэдберга является излишней» (Erben, 1972, стр. 91).

Проблему соотношения собственно стратиграфических и биостратиграфических подразделений глубоко и полно раскрывает в своей недавней статье Б. Соколов (1971), хотя он и склоняется к рациональности употребления термина «хроностратиграфические подразделения».

Г. Эрбен также обращает внимание на то, что введение «множественности стратиграфий» резко увеличит число новых стратиграфических названий, количество которых все время катастрофически растет. Очень существенно, что Г. Эрбен вслед за французским и английским стратиграфическими кодексами на деле (в отличие от Х. Хэдберга) признает необходимость введения в стратиграфическую классификацию таких подразделений, которые в советской литературе называются местными стратиграфическими подразделениями (свита и серия).

Все выше изложенное объясняет причину возникновения острой дискуссии на заседаниях МПСК в Монреале при обсуждении проекта «Международного руководства по стратиграфической классификации, терминологии и их применению» (ISSC. Report 7, 1972).

В самом начале дискуссии проф. Г. Эрбен обратил внимание присутствующих на предложение А. Жамойды (ISSC. Circular 40, 1972) о внесении ряда изменений в «Руководство». Эти изменения, изложенные в прочитанном В. Меннером на первом заседании докладе «Основные положения проекта Стратиграфического кодекса СССР» (Жамойда и др., 1972), сводятся к следующему.

1. В преамбуле и в специальном разделе «Руководства» кратко, но полно изложить главную суть обеих основных концепций стратиграфии и стратиграфической классификации — европейской и американской.

2. Оставить в основном тексте руководства только две главы — об общих («хроностратиграфических») подразделениях и о стратотипах. Здесь следует отметить, что В. Меннер (1966б) еще в 1965 г. высказывал аналогичное предложение при обсуждении структуры «Руководства» («Кодекса») на III симпозиуме по развитию нефтяной и газовой промышленности стран Азии и Дальнего Востока.

3. Главы о лито- и биостратиграфических подразделениях вынести в приложение, поскольку употребление этих категорий не повсеместно и является компетенцией национальных геологических служб.

Некоторые участники дискуссии предложили сделать «Руководство» еще более кратким или предлагали изъять из него особо спорные положения и определения. Х. Хэдберг и несколько присутствующих страти-

графов защищали принципы стратиграфической классификации, изложенные в «Руководстве». Тем не менее в итоге обсуждения было решено назначить небольшую специальную международную рабочую комиссию, которой поручить доработать «Руководство» с учетом высказанных и переданных замечаний и предложений. От СССР в комиссию введен А. Жамойда.

Здесь будет полезным изложить наше предложение о приемлемой структуре «Руководства», переданное в 1971 г. Х. Хэдбергу (ISSC. Circular 40, 1972).

Международное руководство по стратиграфической классификации и терминологии

План

1. Введение:
 - а) вступление;
 - б) история подготовки «Руководства»;
 - в) цель и задачи «Руководства»;
 - г) о двух концепциях стратиграфии и некоторые дискуссионные вопросы;
 - д) некоторые основные определения;
 - е) порядок и ревизии «Руководства».
2. Две основные концепции стратиграфической классификации.
3. Международная (общая) стратиграфическая шкала.
4. Стратотипы.
5. Словарь эквивалентных терминов, употребляемых в разных языках.
6. Библиография.
7. Приложение:
 - а) литостратиграфические единицы;
 - б) биостратиграфические единицы.

В заключение можно подчеркнуть следующее.

1. Несмотря на то, что в настоящее время в мире существуют две принципиально различные концепции стратиграфической классификации, происходит постепенное их сближение благодаря уточнению некоторых формулировок, взаимному заимствованию и проникновению ряда положений, принятых в основополагающих документах той и другой концепции.

2. В то же время трудно предположить, что в ближайшее десятилетие будут выработаны единые и приемлемые для всех стран принципы стратиграфической классификации. Поэтому предстоит большая работа по обобщению нового опыта геологических служб в применении различных классификационных систем, по уточнению общей стратиграфической терминологии, по уяснению точек зрения различных групп стратиграфов, по подготовке общими усилиями специалистов новых вариантов проектов национальных стратиграфических кодексов и окончательного варианта «Международного руководства по стратиграфической классификации и терминологии».

Советские стратиграфы, объединяемые Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР, безусловно примут в этом ответственном деле активное участие.

Литература

- Горский И. И., Меннер В. В. Стратиграфическая комиссия на XXI сессии Международного геологического конгресса.— В кн.: Проблемы геологии на XXI сессии Международного геологического конгресса. Изд-во АН СССР, 1963.
- Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Моисеева А. И. Обзор зарубежных стратиграфических кодексов. Изд-во «Наука», 1969.
- Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Меннер В. В., Моисеева А. И., Яркин В. И. Основные положения проекта Стратиграфического кодекса СССР. Докл. на заседании Междунар. подкомиссии по стратигр. классифик. Монреаль, август, 1972. Межведом. стратигр. комитет СССР, Л., 1972.

- Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Моисеева А. И., Яркин В. И. Основные дискуссионные вопросы по проекту Стратиграфического кодекса СССР (обзор замечаний). Постановление Межведом. стратигр. комитета и его постоянных комиссий, 1973, вып. 13.
- Заключительный доклад. Межправительственная конференция экспертов по подготовке международной программы геологической корреляции. Париж 19—28 октября 1971 г. ЮНЕСКО, 1972.
- Келлер Б. М. Стратиграфические подразделения.— Изв. АН СССР, серия геол., 1950, № 6.
- Ковалевский О. П. Анализ основных замечаний к правилам стратиграфической классификации и терминологии.— Сов. геология, 1971, № 2.
- Криштофович А. Н. Унификация геологической терминологии и новая система региональной стратиграфии.— Материалы ВСЕГЕИ. Палеонтология и стратиграфия, 1945, сб. 4.
- Либрович Л. С., Овечкин Н. К. Задачи и правила изучения описания стратотипов и опорных стратиграфических разрезов. Госгеолтехиздат, 1963.
- Меннер В. В. Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит.— Труды Геол. ин-та АН СССР, 1962, вып. 65.
- Меннер В. В. Деятельность комиссии по стратиграфии Международного геологического конгресса.— В кн.: Проблемы геологии на XXII сессии МГК. Изд-во «Наука», 1966а.
- Меннер В. В. Стратиграфическая номенклатура, терминология и кодексы.— В кн.: Нефтяная и газовая промышленность стран и территорий Азии и Дальнего Востока. ВНИИОЭНГ Изд., М., 1966б.
- Меннер В. В., Жамойда А. И. Международная программа по геологической корреляции (задачи, содержание, организация).— Сов. геология, 1970, № 6.
- Проблемы стратиграфии.— Труды СНИИГГИМС, 1969, вып. 94.
- Проект стратиграфического кодекса СССР. Министерство геологии СССР. ВСЕГЕИ. Л., 1970.
- Соколов Б. С. Биохронология и стратиграфические границы.— В кн.: Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск, 1971.
- Степанов Д. Л. Принципы и методы биостратиграфических исследований.— Труды ВНИГРИ, 1958, вып. 113.
- Стратиграфическая классификация и терминология. Госгеолтехиздат, 1956.
- Стратиграфическая классификация и терминология. Госгеолтехиздат, 1960.
- Стратиграфические и геохронологические подразделения (их принципы, содержание, терминология и правила применения). Госгеолтехиздат, 1954.
- Яркин В. И., Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Моисеева А. И. Основные положения Проекта стратиграфического кодекса СССР.— Сов. геология, 1971, № 7.
- Azzaroli A., Cita M. B. Codice Italiano di Nomenclatura Stratigraphica. Commiss. Stratigr. del Comitato Geol. D'Italia, Roma, 1969.
- Code of Stratigraphic Nomenclature.— Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1961, 45, N 5.
- Definition of geologic systems. Editor H. D. Hedberg. Report of the twenty-second session India. New Delhi, 1964.
- Erben H. K. Replies to opposing statements.— Newsl. Stratigr., 2, 2. Leiden, 1972.
- Hedberg H. D. Procedure and Terminology in stratigraphic Classification.— Intern. geol. Congr. Compt. Rend. XIX session. Sect. 13, fasc. XIII. Alger, 1954.
- International commission on stratigraphy. Circular 12. Report on activities for the period of 1968—1972. Agenda of the Commission meetings in Montreal. 1972.
- International subcommission on stratigraphic classification. Report N 3. Preliminary rept. on lithostratigraphic Units. Montreal, 1970.
- International subcommission on stratigraphic classification. Report N 4. Preliminary rept. on stratotypes. Montreal, 1970.
- International subcommission on stratigraphic classification. Report N 5. Preliminary rept. on biostratigraphic Units. Montreal, 1971.
- International subcommission on stratigraphic classification. Report N 6. Preliminary rept. on chronostratigraphic Units. Montreal, 1971.
- International subcommission on stratigraphic classification. Report N 7. An International guide to stratigraphic classification, terminology and usage. Introduction and summary. «Lethaia». Universitetsforlaget, Oslo, 1972.
- International subcommission on stratigraphic classification. Circular, N 40, 1972.
- Lafitte R., Harland W. B., Erben H. K. u. a. Internationale Ubereinkunft über die Grundlagen der Stratigraphie — Akademi. Wissensch. und Literat. Abhandl. der mathem.-naturwiss. Klasse. Jahrgang, 1972, N 1.
- Malaysian Code of stratigraphic nomenclature. Geol. Soc. of Malaysia. Kuala Lumpur, 1968.
- Principes de classification et de nomenclature stratigraphiques. Comite Francais de Stratigraphie. Paris, 1962.
- Schindewolf O. H. Grundlagen und Methoden der Paläontologischen Chronologie. Berlin, 1950.
- Schindewolf O. H. Über einige stratigraphische Grundbegriffe.—Roemeriana, Heft 1, 1954.
- Sigal J. Existe-t-il plusieurs stratigraphies France.—Bull. trimester. du Serv. d'Inform. geol., 1961, N 51.

В. А. Вахрамеев

МЕЛОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПРЕДГОРИЙ СКАЛИСТЫХ ГОР КАНАДЫ (АЛЬБЕРТА) И ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПАЛЕОФЛОРИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Во время экскурсии, организованной в связи с XXIV сессией Международного геологического конгресса, автору удалось познакомиться с разрезом меловых отложений провинции Альберта (Канада), выступающих на поверхность в предгорьях Скалистых гор (рис. 14).

В составе этих отложений значительное место занимают пресноводные образования, заключающие многочисленные остатки растений, изученные Беллом (Bell, 1956), что представляло особый интерес для стратиграфа — палеоботаника, каким является автор статьи.

При ее составлении одним из основных источников, помимо собственных наблюдений, являлся путеводитель по экскурсии, составленный геологами Эдмонтонского университета (Stelck and ot., 1972).

Несмотря на огромное расстояние, отделяющее Скалистые горы от Восточной Сибири и Дальнего Востока СССР, в меловой фауне и флоре этих территорий намечается большое сходство, вызванное принадлежностью их к единому умеренно-теплому климатическому поясу мелового периода и к очень близким, а для некоторых отрезков времени и одинаковым биогеографическим областям. Так, если в раннемеловую эпоху флоры Сибири принадлежали к Сибирской палеофлористической области, а флора Канады — к Канадской, то во второй половине мелового периода различия между флорами еще более стерлись, что позволило Е. Д. Заклинской выделить единую Сибирско-Канадскую область.

Подобная близость флор и фаун позволяет однозначно решать такие вопросы, как, например, положение границ между юрой и мелом, мелом и палеогеном в континентальных отложениях обоих регионов. Это позволяет рассчитывать и на то, что изложенный ниже материал представит интерес для стратиграфов и палеонтологов нашей страны.

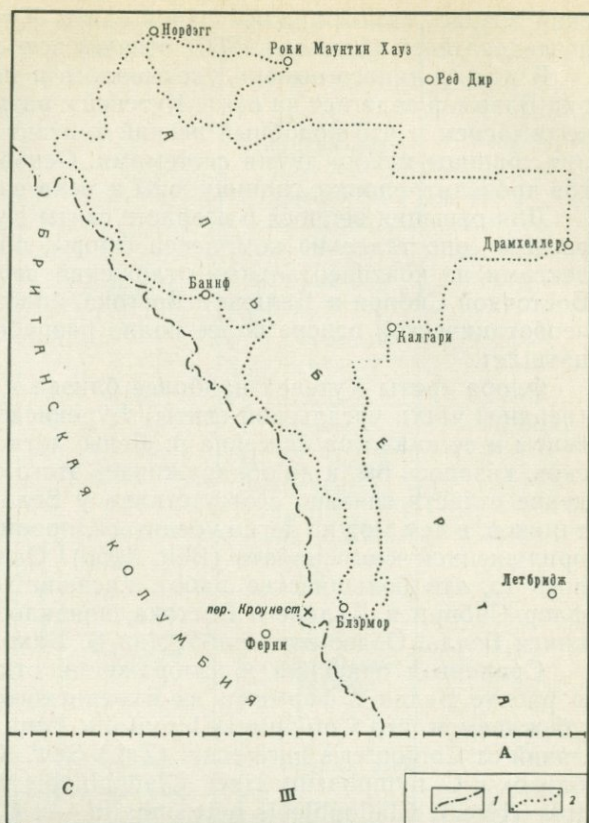
Остановимся кратко на предмеловой истории Скалистых гор Канады. Поднятия, произошедшие в триасе, вызвали регрессию моря и сильный размыв, в результате которого юрские отложения ложатся на подстилающие породы триаса и палеозоя со значительным несогласием. Трангрессия, начавшаяся в ранней юре, постепенно распространялась с запада на восток, поэтому в более восточных частях Скалистых гор на палеозое располагаются относительно более молодые члены юрской системы.

Так, в районе Ферни в основании юры залегает синемюр, между Баннфом и Калгари — тоар, а еще восточнее — в провинции Саскачеван — разрез юры начинается с байоса. Юрские отложения представлены мелководными терригенными или терригенно-карбонатными отложениями, объединяемыми в свиту Ферни.

Поднятия, начавшиеся в конце юры, заставили отступить море к северу, значительно изменив очертания береговой линии. Морские осадки в берриаский и валанжинский века отлагались лишь в северной части провинции Альберта (р. Мирная). Реки, впадавшие с юга в этот морской бассейн, начали формировать дельтовые отложения, выделяемые в райо-

Рис. 14. Схематическая карта Южной Альберты (Канада)

- 1 — граница между провинциями Канады: Британской Колумбии и Альбертой;
2 — маршрут экскурсии А-20



не Ферни-Блэрмор в угленосную свиту Кутеней, а севернее в районе Нордэгга — в свиту Никанассин, являющуюся стратиграфическим аналогом свиты Кутеней, но в отличие от нее не содержащей мощных углей.

Нижний мел

Свита Кутеней. В осмотренном нами разрезе, расположенном в горах Граси, немного севернее сел. Блэрмор, свита, достигающая здесь 120 м мощности, разделяется на четыре пачки. Первая и третья (считая снизу) сложены песчаниками, переслаивающимися с алевролитами и аргиллитами. Вторая и четвертая пачки содержат пласты углей, в том числе промышленной мощности. Несколько западнее в районе Ферни мощность свиты возрастает до 1800 м. В нижней пачке, согласно залегающей на песчаниках свиты Ферни, у одноименного населенного пункта был обнаружен аммонит — *Titanites occidentalis* Frebold, характерный для верхнего портланда (средняя часть волжского яруса). Выше по разрезу в свите Кутеней собрана довольно богатая флора, обработанная В. Беллом (W. Bell, 1956). В числе других видов присутствуют: *Coniopteris brevifolia* (Font.) Bell, *C. yukonensis* Bell, *Cladophlebis virginiana* Font., *C. heterophylla* Font., *Onychiopsis psilotoides* (Stokes et Webb) Ward, *Baiera* cf. *furcata* (L. et H.) Braun, *Czekanowskia* cf. *rigida* Heer, *Nilssonia schauburgensis* (Dunker) Nath., *Ctenis borealis* Dawson, *Pityophyllum* cf. *nordenskioldii* Heer, *Podozamites lanceolatus* (L. et H.) Braun.

Вокруг возраста свиты Кутеней происходила дискуссия. Белл (Bell, 1956), описавший флору из этой свиты, отнес ее к нижней части неокома. Находка вышеупомянутого аммонита, определившего позднепортланд-

ский возраст самой нижней пачки свиты Кутеней, заставила некоторых исследователей (Gussow, 1960) отнести всю свиту к верхам юры.

В пользу такого вывода указывалось и на то, что вышележащая серия Блэрмор залегает на свите Кутеней с разрывом и стратиграфическим несогласием и что подобный резкий контакт очень удобен для проведения границы между двумя системами. Основная часть канадских геологов проводит, однако, границу юры и мела внутри свиты Кутеней.

Для решения вопроса о возрасте свиты Кутеней представляется интересным сопоставление комплекса флоры, обнаруженной в ней с комплексами из континентальных отложений верхней юры и нижнего мела Восточной Сибири и Дальнего Востока, биостратиграфия которых на палеоботанической основе более полно разработана за последние пятнадцать лет.

Флора свиты Кутеней наиболее близка к флоре солонинской свиты (верхней части ургальской свиты) Буреинского бассейна и батыльхской свиты и ее аналогов бассейна р. Лены, хотя формальное сравнение списков, казалось бы, и не обнаруживает этого сходства. Подобное расхождение отчасти связано с отсутствием у Белла работ советских палеоботаников, в чем можно легко убедиться, просматривая список литературы, приложенной к его работе (Bell, 1956). Однако главной причиной явилось то, что большинство работ, касающихся юрских и раннемеловых флор Сибири и Дальнего Востока, появилось уже после выхода в свет книги Белла. Обзор этих работ дан В. Вахрамеевым (1964).

Сравнивая описания и изображения отдельных видов, помещенных в работе Белла с формами из Буреинского и Ленского бассейнов, мы убеждаемся, что *Coniopteris brevifolia* Font. не имеет существенных отличий от *Coniopteris burejensis* (Zal.) Sew., *Coniopteris yukonensis* очень близок к *C. nympharum* Heer, *Cladophlebis virginensis* Font. — к *C. argutula* (Heer), *Cladophlebis heterophylla* — к *C. pseudolobifolia* Vachr. Значительное сходство обнаруживают и виды *Pterophyllum*, ошибочно отнесенные Беллом к роду *Ptilophyllum*.

Раннемеловой возраст флор солонинской и батыльхской свит как будто не вызывает сомнений, так как в Ленском бассейне удалось установить соотношение отложений, заключающих эту флору с подстилающими слоями морского происхождения, содержащими морскую фауну берриаса (низовье р. Лены) или средней части волжского яруса (район Жиганска). Флора, найденная в бассейне р. Анжуй в угленосной пачке, залегающей внутри морских отложений волжского яруса, имеет явно отличный характер от флор начала раннего мела (присутствие характерных для верхней юры *Raphaelia diamensis* Scw., *Cladophlebis aldanensis* Vachr.)

Сравнение с флорами Восточной Сибири и Дальнего Востока подтверждает раннемеловой возраст флоры из свиты Кутеней, установленный Беллом, в частности базировавшимся на присутствии в ней *Opuchisopsis psilotoides*, формы, имеющей широкое распространение на земном шаре в раннемеловое время. Юрской системе несомненно принадлежит только нижняя безугольная часть свиты Кутеней с *Titanites*, тогда как большую часть угленосной толщи правильнее относить к нижнему мелу.

Серия Блэрмор. Отложению серии предшествовали новые сильные поднятия, произошедшие в послеваланжинское время в Британской Колумбии, совершенно изолировавшие район Скалистых гор от Тихого океана. Поднятия захватили и провинцию Альберты; произошедший разрыв сильно сократил мощность свиты Кутеней. Новые опускания привели к постепенной трансгрессии со стороны Арктического бассейна, начавшейся в апте и достигшей центральной Альберты в среднем альбе (Jelitzky, 1971).

Серия Блэрмор разделяется в южной части Альберты (рис. 15) на три свиты (снизу вверх): Глэдстон, Бивер и Милл-Крик, разрез которых

Возраст	Перевал Кроунест	Нордэгг	Драмхеллер		
Палеоген	Поркупаин	Саундерс	Паскапу (по Айришу)		
	Уиллоу Крик		горизонт Сколлард		
Верхний мел	Мари Ривер		Серия Эдмонтон (по Айришу)	Бэттл	
				Уайтмад	
				Хоршеу Каньон	
	Бэрпо		Бэрпо		
	Белли Ривер		Юдифь Ривер (Белли Ривер)		
			Ли Парк Первый горизонт пятнистых сланцев		
Серия Альберта	Вапиаби		Серия Колорадо	Второй горизонт пятнистых сланцев	
	Кардиум			чешуями рыб	
	Блэкстон	горизонт с			
Нижний мел	Серия Блэрмор	Серия Альберта	Викинг		
			горизонт Кроунест Милл Крик	Джоло Фау	
			Бивер	Августус	
	Серия Блэрмор	Серия Блэрмор	Серия Менвилль	Мак-Муррей	
				Глэдстон конгломерат	
				Бивер	
Юра	Кутеней	Никанассин			
	Ферни	Ферни			
Триас	Спрей Ривер	Спрей Ривер			

Рис. 15. Сопоставление мезозойских отложений различных районов Южной Альберты (Stelck, Wall, Williams, Mellon, 1972)

наблюдался нами вдоль р. Олд Мен. Общая мощность серии достигает 770 м. Нижняя часть свиты Глэдстон сложена конгломератами (конгломераты Блэрмор), выше сменяющимися песчаниками. Иногда конгломераты расслаиваются на несколько пачек, разделенных песчаниками. Средняя часть свиты сложена красноватыми, серыми и зеленоватыми глинистыми аргиллитами, переслаивающимися с темно-серыми известковистыми алевролитами. В верхней части преобладают известковистые песчаники, содержащие раковины пресноводных моллюсков и остракод. Контакт с вышележащей свитой Бивер постепенный.

В составе этой последней свиты преобладают песчаники, которым подчинены прослой аргиллитов. Песчаники особенно нижней части свиты

значительно обогащены зернами полевых шпатов и хлоритом, придающим свите зеленоватый оттенок. Встречаются прослойки конгломерата с галькой изверженных пород, принесенных сюда с запада из Британской Колумбии. Песчаники часто косослоисты. В верхней части свиты песчаники становятся более тонкозернистыми и содержат прослойки красных и зеленых аргиллитов.

Здесь найдены наиболее древние остатки покрытосеменных из встреченных в Скалистых горах — *Sapindopsis* cf. *angusta* (Heer) Sew. et Convey, что свидетельствует скорее всего о раннеальбском возрасте. Наряду с ними из нижней половины серии Блэрмор, куда входят две нижние свиты и их аналоги, расположенные севернее (фация Лускар и Маунтин Парк), Беллом (Bell, 1956) определены многие формы из уже указанных для свиты Кутеней. Кроме того, отсюда установлены различные *Gleichenites*, *Elatides*, а также *Athrotaxites berryi* Bell. Представители последнего рода известны на Дальнем Востоке СССР в отложениях не древнее баррема — апта.

Характер контакта между свитами Бивер и Милл-Крик не ясен. Возможно, что между ними существует перерыв (рис. 15). Граница проводится по резкому сокращению примеси хлоритового материала и соответствующему изменению окраски. К верхней части свиты приурочен горизонт вулканогенных пород (Кроунест), представленных туфами и туфо-агломератами, достигающими на юге, западнее сел. Блэрмор, 25 м мощности.

Со свитой Милл-Крик связан наиболее молодой среди раннемеловых флористических комплексов Канады (Bell, 1956). В нем преобладают остатки покрытосеменных (22 вида), отнесенных к родам *Salix*, *Populites*, *Ficus*, *Trochodendroides*, *Menispermities*, *Nelumbites*, *Magnolia*, *Cinnamomoides*, *Platanus*, *Celastrophyllum*, *Rhamnites* и др. Наряду с ними встречаются папоротники (*Sphenopteris*, *Gleichenia*, *Onychiopsis*) и редкие цикадофиты (*Pterophyllum*, *Nilssonia*), свойственные раннемеловой флоре. Последнее обстоятельство заставило Белла отнести эту флору к позднему альбу.

К северу от автострады Калгари-Баннф строение серии Блэрмор несколько меняется, свита Глэдстон и нижняя часть свиты Бивер становятся карбонатными и в них появляются прослойки углей (фация Лускар). Лишь верхняя часть свиты Бивер сохраняет хлоритовый состав (фация Маунтин Парк). В 100 км севернее Нордэгга в сланцах основания свиты Бивер обнаружены фораминиферы, появление которых связано с трансгрессией Арктического бассейна.

Континентальные отложения свиты Бивер полностью замещаются морскими значительно севернее — в бассейне р. Мирной (Северная Альберта), где в них обнаружены аммониты из родов *Gastropolites* — *Paragastropolites* (средний альб).

Свита Милл-Крик севернее автострады Калгари-Баннф исчезает из разреза, что может быть связано либо с ее размывом перед отложением вышележащей серии Альберта (рис. 15), либо, что более вероятно, фациальным замещением ее низами свиты Блэкстон, располагающейся в основании этой серии. В пользу последнего предположения говорит присутствие в низах свиты Блэкстон в разрезе Крипл-Крик (юго-западнее Нордэгга) фораминифер из зоны *Miliammina manitobensis*, относящейся к позднему альбу. Выше было указано, что флора из свиты Милл-Крик не может быть древнее позднего альба, за что говорит преобладание и разнообразие покрытосеменных.

Заканчивая обзор нижнемеловых отложений, остановимся вкратце на сопоставлении раннемеловых флор Юго-Западной Канады с флорами Якутии, Северо-Востока и Дальнего Востока СССР. Такое сопоставление уже делалось автором (Вахрамеев, Долуденко, 1961), а позднее В. Самылиной (1967) и А. Киричковой (1970), однако личное знакомство с

разрезом нижнего мела Альберты, а также новые данные по отечественным флорам позволяют внести коррективы в уже опубликованные корреляционные схемы. Ныне имеющийся материал позволяет пока выделить четыре сменяющихся во времени комплекса ископаемой флоры.

Первый (самый древний) комплекс, выделенный Беллом из свиты Кутеней, включающий ряд свойственных неокому папоротников и птерофиллумов (характеристика которых была дана выше) и не содержащий покрытосеменных, может быть сопоставлен с флорами солонииской свиты Буреинского бассейна (Вахрамеев, Лебедев, 1967), батыльхской свиты (и ее аналогов) Ленского бассейна (Василевская, 1959). Вероятно, к этому же стратиграфическому уровню принадлежит и флора большей части ожогинской свиты левобережных притоков Колымы (см. таблицу).

Второй комплекс характеризуется появлением различных *Gleichenites*, *Coniopteris onychioides* и близких к нему видов, постоянным присутствием *Onychiopsis* и *Ruffordia*, единичные экземпляры которых встречаются далеко не во всех флорах первого комплекса. Появляется в заметном количестве *Ginkgo ex gr. adiantoides*. Остатки покрытосеменных полностью отсутствуют. Вместе с тем в нем исчезает ряд папоротников (*Coniopteris burejensis*, *Cladophlebis pseudobifolia*) и цикадофитов (*Heilungia amurensis*, различные *Aldania*). Исчезают и юрские реликты, такие как *Dictyophyllum* и *Phlebopteris*, встречавшиеся в первом комплексе в относительно более южных районах распространения.

Второй комплекс характерен для свиты Глэдстон (фацция Лускар) и свиты Гетинг в Британской Колумбии, чагдымынской и чемчукинской свит Буреинского бассейна, эксеняхской свиты (и ее аналогов) Ленского бассейна и, вероятно, силяпской свиты левобережья Колымы. Обычно он датируется аптом.

Синхронизация раннемеловых флор Канады, Якутии, Северо-Востока и Дальнего Востока СССР

Возраст	Альберта и Британская Колумбия	Буреинский бассейн	Бассейн р. Лены	Бассейн р. Колымы
Альб	Верхняя флора свиты Коммошен и свиты Милл-Крик	Флора кындальской свиты	Флора босхинской свиты	Флора топтанской свиты
	Флора верхней части свиты Бивер		Флора хатырыкской свиты	Флора буор-кемюсской свиты
Апт	Флора свит Глэдстон (фацция Лускар), Гетинг и нижней части Коммошен	Флора чемчукинской и чагдымынской свит	Флора эксеняхской свиты	Флора силяпской свиты
	Перерыв	Перерыв		
Неоком	Флора свиты Кутеней	Флора солонииской свиты	Флора батыльхской свиты	Флора верхней и средней частей ожогинской свиты

В составе третьего комплекса появляются папоротники типа *Asplenium* и *Adiantites*, *Arctopteris*, хвойные *Taxocladus* (*Cephalotaxopsis*), *Elatocladus* и редкие обычно мелколистные покрытосеменные, встречающиеся спорадически. К этому комплексу можно отнести в Альберте флору из свиты Бивер, в верхней части которой был найден *Sapindopsis*, флору из нижней части свиты Коммошен (подсвита Гейтс) в Британской Колумбии, флору кындальской свиты Буреинского бассейна, хатырыкской свиты Ленского бассейна (Киричкова, 1970) и буор-кемюсской свиты левобережья р. Колымы (Самылина, 1964, 1967а).

Возраст третьего комплекса ранне-среднеальбский, что определяется переходом свиты Бивер к северу в морские отложения нижнего и сред-

него альба, а также появлением покрытосеменных на этом временном уровне во многих районах Евразии и Северной Америки.

Четвертый комплекс пока не всегда может быть отделен от третьего. Ему свойственно постоянное присутствие разнообразных покрытосеменных, частью крупнолистных, видовое разнообразие которых может превышать таковое у всех остальных групп растений этого комплекса. Наряду с покрытосеменными в составе четвертого комплекса присутствуют папоротники, уже указывавшиеся для третьего комплекса, однако количество цикадофитов резко сокращается. Появляется *Brachyphyllum crassaule*, отмеченный как для Канады, так и для Якутии.

К четвертому комплексу следует отнести в Канаде флору свиты Милл-Крик (включая вулканогенный горизонт Кроунест) на юге Альберты и флору из верхней части свиты Коммошен в Британской Колумбии (Stott, 1963), а на востоке СССР — флору из босхинской свиты Ленского бассейна и топтанской свиты Колымы (Самылина, 1967б; см. таблицу). Возраст четвертого комплекса определяется позднеальбским, что подтверждается залеганием континентальной пачки свиты Коммошен над слоями с аммонитами верхов среднего альба (*Gastropolites*, *Paragastropolites*) и под морскими отложениями свит с аммонитами верхнего альба — *Neogastropolites* (Stott, 1963; Киричкова, 1970).

Верхний мел

Трансгрессия Арктического моря на юг достигла своего максимума в среднем альбе. В позднем альбе море, покрывавшее почти всю территорию Альберты и расположенной восточнее провинции Саскачеван, а также распространившееся к югу в пределы центральных районов США, почти отчленилось от Арктического бассейна. В возникшем внутреннем море (море Маури) получила развитие эндемичная ветвь аммонитов — *Neogastropolites*.

В начале позднего мела море Маури соединилось с морем, трансгрессировавшим с юга со стороны Мексиканского залива. Трансгрессия, продолжавшаяся в туроне, соединила Арктический и Мексиканский бассейны, образовав внутреннее меридиональное море, занявшее территорию современных равнин Канады и США. На протяжении почти всей поздне-меловой эпохи оно покрывало Альберту и только временами смещалось к востоку, вызывая смену морских отложений континентальными. В начале маастрихта море покинуло Альберту.

В основании верхнего мела залегает серия Альберта, разделяющаяся на три свиты: Блэкстон, Кардиум и Вапиаби. Свита Блэкстон увеличивает свою мощность в северном направлении от 260 м у Баннфа до 520 м — у Нордэгга. Основание свиты неоднородно — от позднего альба в районе Нордэгг и Кадомина до раннего турона южнее перевала Кроунест (западнее сел. Блэрмор). Внутри этой свиты выделены четыре подсвиты: Санкей, Вими, Хавен и Опабин.

В осмотренном нами разрезе по ручью Крипл-Крик нижняя часть подсвиты Санкей, залегающая здесь на размытой поверхности косослоистых песчаников Бивер, сложена алевритистыми сланцами, заключающими маркирующий горизонт с рыбными чешуями, расположенный примерно в 15 м от основания подсвиты среди грубозернистых и гравийных песчаников с галькой. В основании подсвиты обнаружен позднеальбский комплекс фораминифер с *Miliammina manitobensis*. Верхняя часть подсвиты сложена алевролитами, содержащими конкреции бурого железняка линзы и прослой песчаника.

Подсвита Вими в районе Колемана (западнее Блэрмора) лежит непосредственно на вулканогенном горизонте Кроунест. В других районах, в том числе и в разрезе по ручью Крипл-Крик, она согласно залегает на

свите Санкей. Подсвита Вими сложена серыми карбонатными аргиллитами, переслаивающимися в западной части подножия Скалистых гор с алевроитистыми песчаниками. В равнинной части эквивалентом этой подсвиты являются отложения второго горизонта пятнистых глинистых сланцев, названных так потому, что они содержат мелкие светлые стяжения карбоната. В предгорьях Скалистых гор, в том числе и в разрезе Крипл-Крика, в основании подсвиты располагается слой бентонита (15—30 см), являющийся хорошим маркирующим горизонтом. Подсвита Вими включает раннетуронский *Ipoceras labiatus*, а также планктонные фораминиферы. В момент ее отложения уже произошло соединение Арктического бассейна с бассейном Мексиканского залива.

Подсвита Хавен залегает согласно на подсвите Вими. Она сложена темно-серыми, часто желтоватыми аргиллитами с тонкими прослоями алевролита и некоторым количеством больших карбонатных конкреций. Песчаники и конкреции распространены в западной части предгорий Скалистых гор. Обнаружен *Prionocyclus woollgari*. Верхний член свиты Блэкстон — подсвита Опабин — сложена аргиллитами, переслаивающимися с алевролитами и песчаниками, в которых также найден *Prionocyclus woollgari*.

Свита Кардиум сложена хорошо отсортированными песчаниками морского происхождения, выступающими на поверхность вдоль предгорий, мощность которых достигает 120 м.

Свита Вапиаби достигает 615 м мощности к западу от Нордэгга, уходясь в южном и восточном направлениях примерно наполовину. Средняя часть свиты Вапиаби карбонатна. В районе равнин с нею связан первый горизонт пятнистых глинистых сланцев, в котором преобладают мелкие светлые стяжения карбонатов. Плотные глины нижней и верхней частей свиты включают конкреции бурого железняка с *Scaphites* коньякского, а выше и сантонского возраста. Верхи свиты становятся песчанистыми, что создает постепенный переход к вышележащим отложениям.

Отложения, покрывающие серию Альберты. Над свитой Вапиаби в предгорьях и ее эквиваленте на равнине (свита Ли Парк) залегают преимущественно континентальные отложения, переходящие в восточном направлении уже на территории провинций Саскачеван и Манитоба в морские. Континентальная толща представлена дельтовыми и аллювиальными осадками, отлагавшимися вдоль западного края внутреннего моря.

Южные предгорья (к югу от широты Калгари). Здесь выделяются (снизу вверх) свиты: Белли Ривер, Бэрпо, Мари Ривер, Уиллоу Крик, Поркупайн Хиллс. Суммарная мощность их достигает 3000 м. Свита Белли Ривер (610 м) сложена зеленовато-серыми известковистыми песчаниками, залегающими согласно над свитой Вапиаби, с которой она соединена постепенным переходом. Сверху она резко отграничена от морских аргиллитов свиты Бэрпо. Мощность последней к востоку от перевала Кроунест достигает 2500 м. К северу эта свита постепенно выклинивается, исчезая севернее широты Драмхеллера. Свита Мари Ривер (610 м) состоит из довольно плотных желтоватых и коричневатых песчаников и разноцветных аргиллитов континентального происхождения. Она постепенно переходит кверху в свиту Уиллоу Крик (370 м), сложенную зелеными, пурпурными коричневыми и каштановыми аргиллитами. Ископаемые в обеих свитах представлены главным образом пресноводными моллюсками. Остатки позвоночных в свите Уиллоу Крик заставляют предполагать, что внутри нее проходит граница мела и палеогена. Свита Поркупайн Хиллс достигает 1200 м мощности, она сложена плотными коричневато-серыми песчаниками и оливково-коричневыми плотными глинами. Возраст свиты палеоценовый.

Центральные предгорья. В районе Нордэгга, а также севернее морские аргиллиты свиты Бэрпо исчезают, что делает отложения,

залегающие над свитой Вапиаби, практически неразделимыми. В этом районе всю толщу отложений именуют свитой Саундерс (1850 м). Она представлена аллювиальными и дельтовыми отложениями, залегающими над серией Альберта. Нижняя часть свиты Саундерс сложена преимущественно грубыми песчаниками и гравийными конгломератами, заключающими прослой серых и оливково-серых аргиллитов. Средняя часть свиты сложена более тонким материалом — преимущественно бентонитовыми глинами и включает промышленные пласты угля до 10 м мощности (к северу от Нордэгга).

Центральная равнина. В районе Драмхеллера наличие морских аргиллитов свиты Бэрпо позволяет выделить две континентальные свиты. Нижне свиты Бэрпо залегают свита Юдифь Ривер (Белли Ривер), выступающая на поверхность к востоку и северо-востоку от Драмхеллера в долинах главных рек. Она состоит из серых песчаников (от тонко до среднезернистых), переслаивающихся с углистыми глинами (300 м). К востоку мощность свиты уменьшается, в ней появляются морские прослой. Наиболее восточные клинья песчаников достигают центральной части провинции Саскачеван. Мощность свиты Бэрпо в области Драмхеллера достигает 150 м к востоку и югу она увеличивается за счет сокращения мощности вышележащих и нижележащих пачек песчаников.

Над свитой Бэрпо располагается серия Эдмонтон, в которой выделяются свиты: Хорсшуе Каньон, Уайтмад и Бэтл. В свою очередь они покрываются свитой Паскапу. Эти отложения хорошо обнажены в долине р. Ред Дир у г. Драмхеллера, где мы их и осмотрели.

Свита Хорсшуе Каньон достигает 275 м мощности и состоит из серых бентонитовых песчаников, алевролитов, глин и прослоев железистых конкреций. Свита включает горизонт Драмхеллер морского происхождения, располагающийся над основанием свиты Хорсшуе Каньон примерно на высоте 185 м. Часть свиты Хорсшуе Каньон, располагающаяся ниже горизонта Драмхеллер, содержит до 10 пластов угля промышленной мощности, тогда как верхняя часть свиты содержит только 2 пласта. Морские отложения горизонта Драмхеллер включают многочисленные устрицы, образующие два слоя устричника и планктонные фораминиферы, тогда как остатки динозавров обычны в континентальных песчаниках и глинах чаще всего непосредственно выше и ниже горизонта Драмхеллер (рис. 16).

Свита Уайтмад выделяется четко своей светлой окраской. Она состоит из белых бентонитовых и каолинитовых глинистых песчаников. Мощность ее не превышает 8 м. Свита Бэтл сложена туфогенными и бентонитовыми розовато-лиловыми глинами (8 м). С нею связаны тонкие кремневые туфы, известные под именем туфов Нихиллс, используемых в качестве маркирующего горизонта для корреляции. Возраст туфов калий-аргоновым методом определен в 66 млн. лет.

Свита Паскапу, достигающая 600 м мощности, включает в объеме, предложенном Айришем (Irish, 1970) самые верхи мела и палеоген. В ее нижней части выделяется горизонт Сколлард, отложения которого еще включают остатки динозавров, а также млекопитающих. Отмечен один промышленный пласт угля (пласт Ардли). Эта часть свиты Паскапу ранее относилась к серии Эдмонтон (верхний Эдмонтон). Отложения, располагающиеся над горизонтом Сколлард, имеют уже палеоценовый возраст.

Изменение границы между серией Эдмонтон и свитой Паскапу путем включения в состав последней верхней части этой серии (верхний Эдмонтон) было вызвано интересами геологической съемки, так как туфогенные слои Нихиллс, располагающиеся в основании новой границы, легко распознаются на местности и в скважинах; проведение же границы при геологической съемке по стратиграфически наиболее высоким местонахождениям остатков костей динозавров затруднительно.

Рис. 16. Разрез серии Эдмонтон с выделенными в ней палинозонами (Srivastava, 1972)

ДТ — горизонт с остатками динозавров (Triceratops);

ДС — горизонт с остатками динозавров *Champsosaurus*;

М — горизонт с остатками мелких млекопитающих;

ТН — туфы Нихилс;

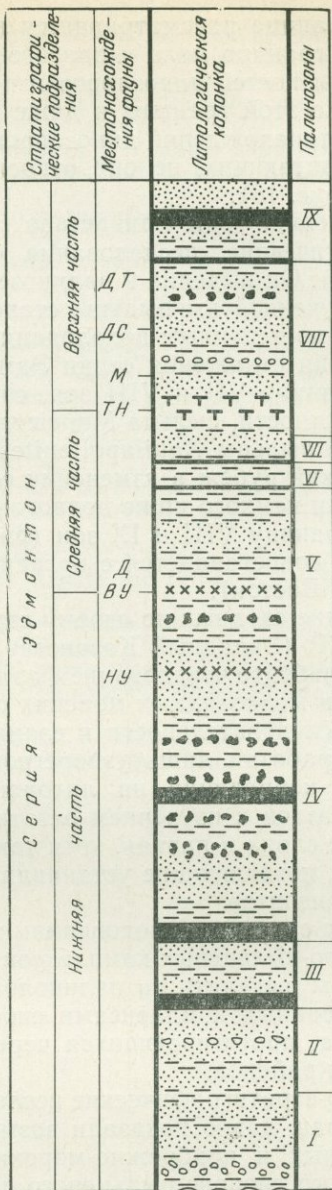
Д — карьер с остатками динозавров (*Edmontosaurus* и др.);

ВУ — верхний слой устричника;

НУ — нижний слой устричника.

Палинозоны I—VII соответствуют времени существования влажного субтропического климата и открытых лесных, местами заболоченных пространств;

палинозоны VIII—IX соответствуют времени умеренно-теплого климата и растительности преимущественно саванного типа



Граница же мела и палеогена сохранила свое положение и проходит по новой схеме внутри свиты Паскапу в кровле горизонта Сколлард (верхний Эдмонтон в прежнем объеме этой серии) с остатками костей последних динозавров.

Из отложений серии Эдмонтон и вышележащей свиты Паскапу и их возрастных аналогов Беллом (Bell, 1949) была изучена ископаемая флора. Установлено, что при переходе от серии Эдмонтон в ее старом объеме (включая горизонт Сколлард) к вышележащим отложениям исчезают представители родов *Nilssonia* и *Menispermites*, а также *Equisetites perlaevigatum* Cockerell, *Torreyites tyrrelli* (Dawson) Bell, *Elatocladus intermedia* (Hollick) Bell и *Dombeyopsis nebrascensis* (Newb.) Bell. Начиная с этой границы появляются *Onoclea sensibilis* Forbes и представители родов *Alnus*, *Corylus*, *Dryophyllum*, *Quercus*, *Juglans*, *Populites*.

Эта граница рассматривается всеми палеонтологами и палеоботаниками как граница мела и палеогена, так как выше ее совершенно исчезают остатки костей динозавров и появляются палеогеновые млекопитающие. Ниже этой границы и даже ниже наиболее стратиграфически высоких местонахождений динозавров (*Triceratops*) также отмечены остатки млекопитающих, но они относятся к меловым представителям этой группы (рис. 16).

В последние годы Сривастава (*Srivastava*, 1967, 1970, 1972) произвел палинологические исследования серии Эдмонтон (включая горизонт Сколлард). Он выделил 9 палинозон, показав, что по направлению вверх состав изученной им пыльцы становится беднее. Этот процесс связывается им с постепенным похолоданием климата на протяжении маастрихта (времени отложения серии Эдмонтон).

На границе VII и VIII зон, соответствующей слоям Нихиллс, исчезает, в частности, пыльца *Mancicorpus* и резко сокращается видовое разнообразие пыльцы *Aquilapollenites*. Сривастава отмечает, что этот наиболее резкий рубеж в изменении состава пыльцы располагается стратиграфически немного ниже полного исчезновения динозавров, приходящегося на границу VIII и IX зон (рис. 16). По составу пыльцы серия Эдмонтон сопоставляется с цагайской свитой Зее-Буреинской впадины (Дальний Восток).

Изучение сходных по своему строению меловых отложений ряда районов СССР (Западный Казахстан, Дальний Восток и др.), сложенных как и в Альберте чередованием аллювиальных, озерных, дельтовых, прибрежных и мелководных морских отложений, показало, что для выяснения их последовательности и взаимоотношения в пространстве недостаточно разработки лишь узкорегиональных литолого-стратиграфических схем и их корреляции на литолого-фациальной основе. Недостаточно ограничиваться и изучением остатков морской фауны, встречающейся в некоторых слоях и пачках, хотя такие местонахождения и создают опорные точки, позволяющие устанавливать возраст отдельных стратиграфических горизонтов.

Наряду с этими исследованиями необходимо вести тщательное изучение спорово-пыльцевых комплексов и листовой флоры. В частности, можно было бы выделить на палинологической основе ряд горизонтов, охарактеризованных комплексами спор и пыльцы примерно одного и того же состава, протягивающихся через литологически разнородные свиты различных районов.

Палино-стратиграфические исследования, проведенные в СССР и ряде других стран, давно показали возможность прямого сопоставления континентальных и прибрежно-морских отложений посредством детально проведенного спорово-пыльцевого анализа. Меловые отложения провинции Альберты в Канаде представляют, на наш взгляд, отличный объект для выполнения подобных исследований.

Литература

- Василевская Н. Д.* Стратиграфия и флора мезозойских угленосных отложений Сангарского района (Ленский угленосный бассейн).—Труды н.-и. ин-та геол. Арктики, 1959, 105, вып. 11.
- Вахрамеев В. А.* Юрские и раннемеловые флоры Евразии и палеофлористические провинции этого времени.—Труды Геол. ин-та АН СССР, 1964, вып. 102.
- Вахрамеев В. А., Долуденко М. П.* Верхнеюрская и нижнемеловая флора Буреинского бассейна и ее значение для стратиграфии.—Труды Геол. ин-та АН СССР, 1961, вып. 54.
- Вахрамеев В. А., Лебедев Е. Л.* Палеоботаническая характеристика и возраст угленосных верхнемезозойских отложений Дальнего Востока (междуречье Амура и Уды).—Изв. АН СССР, серия геол., 1967, № 2.
- Киричкова А. И.* Корреляция альбских отложений Центральной Якутии и Западной:

- Канады на основе палеоботанических данных.— В кн. Биостратиграфические и палеобифациальные исследования и их практическое значение. Изд-во «Недра», 1970.
- Самылина В. А.* Мезозойская флора левобережья р. Колымы (Зырянский угленосный бассейн). Ч. 1. Хвощевые, папоротники, цикадовые, беннеттитовые.— Труды Ботан. ин-та АН СССР, серия 8. Палеоботаника, 1964, вып. 5.
- Самылина В. А.* Мезозойская флора левобережья р. Колымы (Зырянский угленосный бассейн). Ч. II. Гинкговые, хвойные.— Труды Ботан. ин-та АН СССР, серия 8. Палеоботаника, 1967а, вып. 6.
- Самылина В. А.* О последних этапах развития растительности раннего мела на Северо-Востоке СССР.— Палеонтол. ж., 1967б, № 2.
- Bell W. A.* Uppermost Cretaceous and Paleocene floras of Western Alberta.— Geol. Surv. of Canada. Bull., 1949, N 13.
- Bell W. A.* Lower Cretaceous of Western Canada.— Geol. Surv. of Canada, 1956, mem. 285.
- Gussow W. C.* Jurassic — Cretaceous boundary in Western Canada and Late Jurassic age of the Kootenay formation.— Trans Royal Soc. Canada, 3-th series, 1960, 54.
- Jeletzky J. A.* Marine Cretaceous biotic provinces and paleogeography of Western and Arctic Canada.— Geol. Surv. of Canada, paper 70—22, 1971.
- Irish E. J.* The Edmonton Group of south-central Alberta.— Bull. Can. Petrol. Geol., 1970, 18, N 2.
- Stelck C. R., Wall J. H., Williams C. D., Mellon G. B.* The Cretaceous and Jurassic of the Foothills of the Rocky Mountains of Alberta.—Field excursion A-20—Guidebook. XXIV Intern. geol. congress. Montreal, 1972.
- Stott G. J.* Stratigraphy of the lower cretaceous fort St. John Group and Gething and Cadomin formation Foothills of Northern Alberta and British Columbia.— Geol. Surv. of Canada, 1963, paper 62—39.
- Srivastava S. K.* Palynology of Late Cretaceous mammal—beds Scollard, Alberta (Canada).— Palaeogeography, Palaeoclimatol., Palaeoecol., 1967, 3.
- Srivastava S. K.* Pollen biostratigraphy and paleoecology of the Edmonton Formation (Maastrichtian), Alberta, Canada—Palaeogeography, Palaeoclimatol., Palaeoecol., 1970, 7.
- Srivastava S. K.* Palaeoecology of pollengenera Aquilapollenites and Mancicorpus in Maastrichtian deposits of North America.— Intern. geol. cong. XXIV session. Sect. 7, Paleontology. Montreal, 1972.

ХРОНОЛОГИЯ ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА

Секция четвертичной геологии XXIV сессии Международного геологического конгресса рассмотрела 19 докладов, посвященных главным образом хронологии, стратиграфии и климату, деформационным структурам в четвертичных отложениях и другим аспектам четвертичной геологии. Часть докладов рассматривалась в секции неотектоники и на заседаниях, обсуждавших вопросы геохимических поисков в районах древних оледенений и вопросы косвенных методов оценки территории под инженерные сооружения. Как по объему, так и по новизне представленных материалов наибольший интерес вызвали доклады, посвященные хронологии последнего ледникового периода. Новые материалы по характеристике палеогеографической обстановки начала ледникового периода содержались также в докладах симпозиума по границам позднего неогена, проведенного во время Конгресса Комиссией по стратиграфии Международного союза геологических наук (МСГН).

Подобная «хронологическая» направленность объясняется отчасти тем, что многие аспекты четвертичной геологии, в том числе и палеогляциологии, рассматриваются на конгрессах и ассамблеях таких международных организаций, как Международный союз по изучению четвертичного периода (ИНКВА), Международный географического союза (МГС), Международного союза геодезии и геофизики (МСГГ) и т. д. С другой стороны, исследования последних лет как в континентальных областях, так и в особенности изучение морских осадков в результате глубоководного бурения с использованием широкого комплекса методов абсолютных датировок, палеомагнитных, микропалеонтологических и других методов, дали возможность не только значительно уточнить хронологию событий позднекайнозойского ледникового периода отдельных районов земного шара, но и более обоснованно подойти к проблеме корреляции этих событий в глобальном масштабе. Мы, например, сознательно отказываемся от употребления широко распространенного понятия — четвертичный ледниковый период, поскольку в настоящее время, как показали в том числе и материалы конгресса, общепризнано, что не только признаки глобального понижения температур, но и развитие огромных по площади континентальных ледниковых покровов произошло задолго до начала четвертичного периода.

Не все вопросы хронологии позднекайнозойского ледникового периода оказались охарактеризованными в достаточной мере. Это справедливо как в отношении временного, так и территориального аспектов. Наиболее детально рассматривались последние этапы развития ледникового периода северного полушария (Raukas, Serebryanny, 1972; Chebotareva, 1972; Dreimanis, Karrow, 1972). Однако несмотря на фрагментарность рассмотрения отдельных проблем и отсутствие согласованных точек зрения подчас по кардинальным вопросам истории развития последнего оледенения материалы, представленные на XXIV сессию Меж-

дународного геологического конгресса, дали много нового для понимания эволюции и хронологии позднекайнозойского ледникового периода. Ниже мы остановимся на некоторых аспектах этой проблемы.

Начало ледникового периода

Исследования последних лет убедительно показали, что первые признаки ухудшения климата, принимавшиеся ранее в качестве критерия проведения границы между плиоценом и плейстоценом, на самом деле в геологической истории имели место значительно раньше. Граница плиоцен — плейстоцен в настоящее время проводится примерно на уровне 1,7—2,0 млн. лет. Ее связывают с олдувейским эпизодом нормальной полярности продолжительностью 0,1 млн. лет в пределах эпохи обращенной полярности Матуяма (Berggren et al., 1972; Jenkins, 1972; Kennett, Watkins, 1972; McDougal, Page, 1972; Vella, 1972).

Что же касается признаков ухудшения климата, то в Новой Зеландии, например, 1,79 млн. лет назад¹, никаких заметных изменений природных условий не происходило (Jenkins, 1972), а изучение глубоководных осадков в Северной Атлантике (19—26° с. ш.) показало, что именно на это время приходится первое потепление Атлантического океана за период начиная с 3,5 млн. лет (Berggaen et al., 1972).

Практически по всем крупным регионам земного шара получены в настоящее время данные о более раннем, чем начало плейстоцена, возникновении ледникового периода. Однако по вопросу о точном установлении времени начала оледенения до сих пор существуют различные точки зрения. Наиболее древним считается оледенение Антарктиды, начавшееся 12 млн. лет назад в результате глобального похолодания и изменения условий циркуляции водных масс вокруг южнополярного материка в связи с разъединением его с Австралией и возникновением островной дуги Скоша (Hopkins, 1972)². Других докладов на Конгрессе, в которых затрагивался бы антарктический материал, поставлено не было, хотя именно по этому району сейчас существуют значительные разногласия в вопросе о времени начала оледенения (Евтеев, 1972). Предстоящее бурение скважин «Гломар Челленджером» на антарктическом шельфе и скважины через шельфовый ледник Росса помогут дать в этом отношении однозначный ответ. Пока же, по нашему мнению, нет достаточных оснований проводить границу начала антарктического оледенения где-то ниже 5—7 млн. лет.

Гораздо чаще встречаются указания о начале верхнекайнозойского оледенения примерно 4,0 млн. лет назад. Для Новой Зеландии первое наземное оледенение Росса датируют $2,3 \pm 0,2$ — $2,55 \pm 0,1$ млн. лет (Jenkins, 1972), а начало похолодания определяют по появлению *Sclerogotia puncticulata* в 3,7—4,05 млн. лет. Кеннетт и Уоткинс указывают, что имеются данные, свидетельствующие о синхронности похолодания в позднем миоцене Калифорнии, Италии, Японии и экваториальной части Тихого океана (Kennett, Watkins, 1972).

Результаты исследований глубоководных осадков в северной Атлантике (19—28° с. ш., 39—47° з. д.) показали, что в северном полушарии оледенение могло начаться примерно 3,0 млн. лет (Berggren et al., 1972). К такому же выводу в отношении времени возникновения ледникового покрова Гренландии приходит Хопкинс (Hopkins, 1972).

¹ Т. е. на границе плиоцена и плейстоцена.

² Причины возникновения ледникового периода на Конгрессе практически не рассматривались. Хопкинс видит их, в основном, в перераспределении площадей суши и моря (Hopkins, 1972). Эванс связывает их с циклом колебания интенсивности солнечной радиации продолжительностью порядка 40 тыс. лет (Evans, 1972).

Таким образом, наиболее распространенной оценкой времени начала верхнекайнозойского оледенения как в северном, так и в южном полушарии является 3—4 млн. лет назад, где-то вблизи границы миоцена и плиоцена. В Антарктиде оледенение, возможно, началось несколько раньше, но, по нашему мнению, не в несколько раз, как это иногда предполагается.

Основные этапы развития оледенения

На протяжении плиоцена и плейстоцена оледенение земного шара ни разу не исчезало полностью — ледниковые покровы Антарктиды, Гренландии, паковые льда Северного ледовитого океана, горное оледенение и т. д. существуют и в настоящее время¹, — но заметно изменялось в размерах. Особенно значительные изменения наблюдались на равнинах Евразии и Северной Америки, где за сравнительно короткие, по геологическим масштабам, промежутки времени создавались и исчезали огромные по площади и мощности льда ледниковые покровы. Исследования 15 колонок глубоководных осадков, взятых на восточном склоне срединноокеанического хребта Атлантического океана между 30 и 62° с. ш., показали, что за последние 400 тыс. лет наблюдалось по крайней мере 8 крупных смещений границы полярных и субполярных вод от ее современного положения к северу от Исландии на юге до 40—42° с. ш. (McIntyre, Ruddiman, 1972). Эванс также на основании изучения глубоководных осадков отмечает, что за последний миллион лет 15 циклов изменений интенсивности солнечной радиации характеризовались понижением температуры, достаточным для того, чтобы могли возникнуть континентальные оледенения крупного масштаба (Evans, 1972). По оценке Гопкинса первые европейский и североамериканский покровы сформировались примерно $1,2 \pm 0,3$ млн. лет назад и, вероятно, в то же время произошло образование паковых льдов Северного ледовитого океана (Hopkins, 1972). Для канадских прерий (район р. Южный Саскачеван) полагают, что первое оледенение континентального типа имело место ранее 1,5 млн. лет назад, основываясь на находках валунов, принесенных с Канадского щита ледниковым покровом, под отложениями с фауной, датируемой 1,5 млн. лет (McStalker, Churcher, 1972). Судя по приведенному авторами фактическому материалу, вряд ли можно считать, что это положение надежно обосновано.

Основываясь на оценках абсолютного возраста озерных отложений в Леффе (Северная Италия), в верхах разреза которых надежно датируются отложения, синхронные Минделю и позднему Гюнцу, и экстраполируя эти данные с использованием кривых изменения интенсивности солнечной радиации и климатических изменений, установленных по колонкам глубоководных отложений, Эванс датирует первое европейское оледенение — Дунайское — 840 тыс. лет назад, считая, что оно продолжалось с пиками в 800 и 680 тыс. до 590 тыс. лет. По его же оценке Миндельское оледенение имело место 320—220 тыс. лет, Рисское — 190—100 тыс. лет и Вюрмское 70—10,5 тыс. лет назад (Evans, 1972).

Исследования палеотемператур в Атлантическом океане дают некоторое представление об амплитуде изменений температуры поверхности океана в периоды развития оледенений и его значительного сокращения. В Северной Атлантике на широте 19° с. ш. в интервале 3,3—0,7 млн. лет амплитуда составила всего 3° С, а на широте 26° с. ш. для периода 2,4—0,6 млн. лет уже 5° С. В Южной Атлантике (29° с. ш.) в интервале 400—

¹ Строго говоря, ледниковый период, начавшийся несколько миллионов лет назад, продолжается и в настоящее время.

250 тыс. лет (период в общем похолодания) колебания температуры составили 6°C , а с 250 тыс. лет до настоящего времени (период в общем потепления) — 9°C (Berggren et al., 1972). Ввиду сложности палеогляциологических реконструкций древних оледенений, отложения и формы рельефа, созданные которыми подвергались глубокой переработке более поздними ледниковыми покровами, оценки колебаний температуры поверхности океана приобретают особое значение. С учетом закономерностей теплообмена современных ледниковых покровов они дают возможность более надежно восстанавливать размеры ледниковых покровов прошлого.

Наиболее детально, что вполне естественно, в докладах Конгресса было охарактеризовано последнее — Валдайское (Вюрмское, Висконсинское) оледенение, как в отношении характеристики особенностей его развития в отдельных регионах: Северная Европа, Северная Америка, Южная Америка, так и с точки зрения попыток провести корреляцию событий последнего оледенения в глобальном масштабе. В настоящее время наиболее распространенной является трехчленная схема деления последнего оледенения — с двумя фазами развития ледникового покрова в начале и в конце его, разделенными продолжительным периодом сокращения оледенения в Северной Америке (Dreimanis, Karrow, 1972) или даже полной его ликвидации в северной Европе с возникновением природных зон, аналогичных современным (Raukas, Serebryanny, 1972).

Хронология последнего оледенения очень подробно разработана для района Великих озер и Святого Лаврентия¹ и представляется следующим образом (Dreimanis, Karrow, 1972). Последнее оледенение началось примерно 70 тыс. лет назад. До 53 тыс. лет преобладали в основном климатические условия, благоприятствовавшие развитию оледенения (ранний Висконсин²). Следующие примерно 30 тыс. лет относятся к среднему Висконсину, сравнительно теплomu времени, характеризовавшемуся сокращением Лаврентьевского ледникового покрова. В позднем Висконсине, начавшемся примерно 23 тыс. лет назад, вновь имело место понижение температур и увеличение размеров ледникового покрова. Таковы три подстадии последнего оледенения, которые в свою очередь для района Великих озер и Святого Лаврентия подразделяются на стадии и межстадии, характеризующие, соответственно, основные этапы расширения и сокращения ледникового покрова в пределах подстадий, и фазы, и интервалы, которые соответствуют периодам наступания или отступления края ледникового покрова в пределах фаз.

Ранний Висконсин в районе Великих озер делится на два стадиала и один межстадиал. За первым стадиалом — Николетта — последовал межстадиал Сан Пьер с отложениями возраста 63900 ± 1700 — 65000 лет. Новый стадиал — Гилвуд — представлял собой главную подвижку льда в раннем Висконсине, когда ледниковый покров достиг центральных частей штатов Огайо и Индиана.

Средний Висконсин начался длительным межстадиалом Порт Тальбот (48—36 тыс. лет). Затем имело место кратковременное, около 4 тыс. лет, наступание ледникового покрова — стадиал Черритри и снова продолжительный межстадиал Плам Пойнт (32—23 тыс. лет).

Поздний Висконсин распадается на пять ледниковых стадиалов или фаз, разделенных интервалами отступления льда. Полное исчезновение ледникового периода произошло примерно 7 тыс. лет назад, т. е. позже,

¹ Здесь краевые комплексы, образованные подвижками края ледникового покрова, могут быть сопоставлены с зависящими от них уровнями приледниковых озер. В северо-восточной части района возможно также сопоставление изменений размеров оледенения с колебаниями уровня моря.

² При характеристике конкретных районов мы будем придерживаться принятых для них наименований этапов развития оледенений.

чем в Европе, уже в голоцене, нижняя граница которого, по решению парижского конгресса ИНКВА (1969 г.), установлена на рубеже 10 тыс. лет назад¹.

Дрейманис подчеркивает, что схема: две стадии Висконсинского оледенения, разделенные длительным межстадиалом, подтверждается работами ряда исследователей Кордильер, внутренних равнин Северной Америки, Аппалачей (Dreimanis, Karrow, 1972).

Сложнее обстоит дело с хронологией последнего — Валдайского оледенения Европы. В последние годы наметилась тенденция возвращения к выдвинутой в 1949 г. А. Москвитиним трехчленной схеме деления последнего оледенения, аналогичной приведенной выше для Северо-Востока Северной Америки, но в отличие от последней с фактическим выделением двух самостоятельных оледенений — Калининского и Осташковского у А. Москвитина, ранневалдайского и поздневалдайского у Л. Серебрянного и его соавторов, разделенных межледниковьем — Молого-Шекснинским (А. Москвитин), Карукюла (Л. Серебрянный и др.), когда ледниковый покров был ликвидирован даже в пределах Фенноскандии (Raukas, Serebryanny, 1972).

Ранневалдайское оледенение ограничивают временными рамками 100—120 (70—80) тыс. лет — 50 (?) тыс. лет, межледниковье Карукюла 50 (?) — 25 тыс. лет и поздневалдайское оледенение — 25—11 тыс. лет. С межледниковьем Карукюла связывают морскую трансгрессию в периферических частях Фенноскандии, на Кольском полуострове и по восточной окраине впадины Балтийского моря (Mogner, 1972b; Evzerov, et al., 1972).

Следует, однако, отметить, что эта трехчленная схема деления последнего оледенения Северной Европы не является общепризнанной. Совершенно иная схема деления Валдайского оледенения предлагается Н. Чеботаревой (Chebotareva, 1972).

Природа интервала между ранневалдайским и поздневалдайским оледенениями не всеми признается межледниковой. В частности, межморенные или подморенные слои с органическими остатками в Северной Финляндии (район Рованиеми) с возрастом 45 000 ± 2000 лет Корпела считает межстадиальными, а не межледниковыми (Korpela, 1969). Такая же точка зрения и ряда других исследователей (Bastin, 1970; Coore, Sands, 1966; Mörner, 1972b).

Свыше 100 определений абсолютного возраста четвертичных отложений по C^{14} позволили уточнить хронологические рамки основных этапов развития последнего оледенения Сибири (Kind, 1972). Здесь также выделяется ранневалдайское — Зырянское оледенение — с возрастом, превышающим 50 тыс. лет, Каргинское межледниковье (50(?) — 25 тыс. лет) и поздневалдайское — Сартанское оледенение (25—10,3 тыс. лет), а также более мелкие подвижки ледникового покрова и межстадиалы. Указывается, что в период Каргинского межледниковья на протяжении 6 тыс. лет (43—37 тыс. лет) климат был более теплым, чем в настоящее время. В целом же схема оказывается в принципе очень близкой схеме А. Москвитина и Л. Серебрянного с соавторами, предложенной для северной части Русской равнины.

Схема трехчленного деления периода последнего оледенения подтверждается палеотемпературными исследованиями глубоководных осадков (Emilian, 1955) и колонки льда из скважины, пробуренной в гренландском ледниковом покрове (Dansgaard et al., 1970; Mörner, 1972a). Она оказывается справедливой и для районов южного полушария (Suggate, Moar, 1970).

¹ В Канаде граница плейстоцен — голоцен характеризуется резким усилением темпов сокращения оледенения (Terasmae, 1972).

Что касается голоцена, то сопоставление результатов различных исследователей, проведенное Н. Кинд, показывает, что основные направления климатических изменений Сибири, Северной Америки и Европы были очень близки (Kind, 1972).

Синфазность или контрфазность?

Широкое развитие методов определения абсолютного возраста, распространение исследований на акватории океанов и на толщи ледниковых покровов, зафиксировавших сложную картину климатических изменений на протяжении последних нескольких десятков тысяч лет, дает новые материалы для сравнения истории развития оледенения в различных районах земного шара. Хорошо известна полемика о синхронности или метахронности событий ледникового периода. Мы предпочитаем говорить о синфазности — одинаковой направленности изменения природных условий, и контрфазности, когда события развиваются в противоположном направлении, что совпадает с определением метахронности — «понятие метахронности предусматривает и разнонаправленный ход развития однородных явлений, а не только запаздывание или опережение равнонаправленных процессов» (Марков, Величко, 1967, стр. 408). Безусловно материалы канадского конгресса представляют интерес в этом отношении, но для однозначных обоснованных выводов оснований пока еще недостаточно. В докладе Н. Морнера была предпринята попытка показать строгую синхронизацию основных событий последнего — Валдайского оледенения — в глобальном масштабе вплоть до синхронизации второстепенных стадиялов и межстадиялов Северной Европы и Северной Америки (Mögner, 1972b). Однако более внимательное ознакомление с фактическими материалами показывает несостоятельность этой попытки. Предложенная им схема: стадиял 20,0—17,5 тыс. лет, межстадиял — 16,5—15,5 тыс. лет и стадиял около 15,0 тыс. лет не согласуется с данными других исследователей.

Нам кажется значительно более обоснованным представление П. Эванса о том, что, «несмотря на высказывавшиеся сомнения, сейчас кажется надежно установлено, что наиболее крупные климатические изменения были глобальными» (Evans, 1972), и вывод Н. Кинд о значительном влиянии местной географической обстановки на интенсивность развития тех или иных процессов (Kind, 1972). Нам представляется, что есть все основания говорить о синфазности событий позднекайнозойского оледенения в глобальном масштабе. Дальнейшие исследования позволят уточнить их временные рамки и степень выраженности.

В целом же можно сказать, что представленные на Конгрессе материалы дали много нового в особенности в отношении последнего — Валдайского оледенения. Исключительно важной, но сопряженной с большими трудностями исследования является проблема восстановления истории более ранних этапов ледникового периода. Можно надеяться, что развитие исследований глубоководных осадков, в том числе и в антарктическом районе, где ледниковый период начался раньше, чем в других районах земного шара, и усовершенствование методов определения абсолютного возраста позволит в скором времени подойти к решению и этой проблемы. Вероятно, уже следующая крупная международная встреча на конгрессе ИНКВА (Новая Зеландия, 1973) даст возможность обсудить эти вопросы на основе качественно новых материала.

Литература

- Евтеев С. А. Гляциогеография Антарктиды. Тезисы докл. V Всесоюзн. гляц. совещ. Ташкент, 1972.
- Марков К. К., Величко А. А. Четвертичный период (ледниковый период — антропогенный период). Т. III. Материалы и океаны. Изд-во «Недра», 1967.
- Bastin B. La chronostratigraphie du Würm en Belgique, à la lumière de la palynologie des loess et limons.— Ann. Soc. Geol. Belg., 1970, 93, p. 545—580.
- Berggren W. A., Briskin M., Gamper-Bravo M. Late Pliocene-Pleistocene quantitative paleoclimatology of the North and South Atlantic.— Symp., Late Neogene epoch boundaries. Intern. geol. congr., XXIV session. Abstracts. Montreal, 1972.
- Chebotareva N. S. Stratigraphy and geochronology of Valdai deposits in the North-west of the Russian plain.— Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 12, Quaternary Geol. Abstracts. Montreal, 1972.
- Cooper G. R., Sands C. H. S. Insect faunas of the last glaciation from the Tame valley, Warwickshire.— Roy. Soc. Lond. Proc., sect. B, 1966, 165, pp. 389—412.
- Dansgaard W., Johnsen S. J., Clausen H. B., Langway C. C. Ice cores and paleoclimatology. In Olsson I., (Editor). Radiocarbon variations and absolute chronology.— Prof. Nobel. Symp., 12, Almqvist and Wigsell, Stockholm, and Wiley and Sons. N. Y., 1970.
- Dreimanis A., Karrow P. F., Glacial history in the Great Lakes — St. Lawrence region, the classification of the Wisconsin (an) stage, and its correlatives.— Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 12, Quaternary Geology. Montreal, 1972.
- Emiliani C. Pleistocene paleotemperatures.— Journ. of Geol., 1955, 63, p. 538—578.
- Evans P. The present status of age determination in the Quaternary (with special reference to the Period between 70000 and 1 000 000 years ago).— Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 12, Quaternary Geology. Montreal, 1972.
- Evszerov V., Koshechkin B., Strelkov S. The chronology of the marine Pleistocene and Holocene in the north-east of the Baltic shield.— Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 12, Quaternary Geology. Montreal, 1972.
- Hopkins D. M. Global history of cold climates during the Cenozoic era.— Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 12, Quaternary Geology. Montreal, 1972.
- Jenkins D. G. The Pliocene-Pleistocene boundary in New Zealand and Australia.— Intern. geol. congr., XXIV session. Symp. Late Neogene epoch boundaries. Abstracts. Montreal, 1972.
- Kennett J. P., Watkins N. D. The biostratigraphic, climatic and paleomagnetic record of late Miocene to early Pleistocene sediments of New Zealand.— Intern. geol. congr. XXIV session. Symp., Late Neogene epoch boundaries. Abstracts. Montreal, 1972.
- Kind N. V. Late Quaternary climatic changes and glacial events in the Old and New World—Radiocarbon chronology.— Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 12. Quaternary Geology. Montreal, 1972.
- Korpela K. Die Weichsel — Eiszeit und ihr Interstadial in Peräpohjola (Nordisches Nordfinland) im Licht von submoränen Sedimenten.— Ann. Sci. Fennicae, ser. A., III, 99, 1969.
- McDougall I., Page R. W. Toward a physical time scale for the Neogene — data from the Australian region.— Intern. geol. congr., XXIV session. Symp. Late Neogene epoch boundaries. Abstracts. Montreal, 1972.
- McIntyre A., Ruddiman W. F. Paleoceanology of the northeast Atlantic during the late Quaternary.— Intern. geol. congr., XXIV session. Symp. Late Neogene epoch boundaries. Abstracts. Montreal, 1972.
- McStalker A. S., Churcher C. S. Glacial Stratigraphy of the southwestern Canadian prairies; the Laurentide record.— XXIV Intern. geol. congr. XXIV session, sect. 12, Quaternary, Geology. Montreal, 1972.
- Morner N. A. Time scale and ice accumulation during last 125 000 years as indicated by the Greenland O¹⁸ curve.— Geol. Mag., 1972a, 109, N 1.
- Morner N. A. World climate during the last 130 000 years.— Intern. geol. congr. XXIV session, sect. 12, Quaternary Geology. Montreal, 1972b.
- Raukas A. V., Serebryanny L. R. On the late Pleistocene chronology of the Russian platform with special reference to continental glaciation.— Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 12, Quaternary Geology. Montreal, 1972.
- Suggate R. P., Moar N. T. Revision of Late Otira glacial chronology.— New Zealand Journ. of Geol. and Geoph., 1970, 13, p. 742—746.
- Terasmae J. The Pleistocene-Holocene boundary in the Canadian context.— Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 12; Quaternary Geology. Montreal, 1972.
- Vella P. The upper and lower boundaries of the Pliocene in New Zealand.— Intern. geol. congr., XXIV session. Symp., Late Neogene epoch boundaries. Abstracts. Montreal, 1972.

В. Е. Хаин

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПУТИ СОЗДАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ КАРТЫ МИРА

Подобно предыдущей сессии Международного геологического конгресса в Праге, Монреальская сессия представила возможность обсуждения вопросов, связанных с ходом работ по составлению Международной тектонической карты, начатых на основании решения XXII сессии МГК в Нью-Дели. Правда, возможности эти оказались ограниченными вследствие большой перегруженности повестки дня XXIV сессии различными мероприятиями, и поэтому дело ограничилось демонстрацией новых тектонических карт отдельных стран и континентов, общим докладом о деятельности Подкомиссии по Международной тектонической карте Мира и небольшим числом выступлений. Тем не менее все это дает определенный материал для суждения о нынешнем состоянии работы, о ближайших ее перспективах, о некоторых трудностях, наметившихся в процессе создания карты,— трудностях, которые в значительной мере отражают переломный характер современного развития теоретической геотектоники.

Большое число показанных на заседаниях Комиссии по геологической карте Мира и на выставке «Георама-72» тектонических карт несомненно служит объективным показателем интенсивной работы в этой области, ведущейся в последние годы и начатой по инициативе советских ученых, особенно А. Богданова еще на XX сессии МГК в Мехико. В Монреале уже мог быть продемонстрирован макет, подготовленный для 2-го издания Международной тектонической карты Европы в масштабе 1 : 2 500 000. Несмотря на то, что со времени первого издания прошло менее десяти лет, уже сейчас видно, что второе издание будет существенно отличаться от первого во многих отношениях.

Прежде всего, новая карта охватывает не только собственно Европу, но и значительные площади примыкающих к ней акваторий — полностью Средиземное и Черное моря, крупный участок Атлантики, Баренцево и Карское моря, а также прилегающих континентов — Азии (почти вся Западно-Сибирская плита и Таймыр, Аравийский полуостров, Турция и большая часть Ирана), Африки (страны Магриба, северные части Ливии и Египта) и Северной Америки (большая часть Гренландии). Первая попытка относительно детального показа структуры дна океанов и морей явится, пожалуй, самым существенным отличием нового издания от первого. Следует при этом отметить, что пока большая часть материала по акваториям предоставлена советскими коллективами исследователей.

В изображении структуры платформ главным шагом вперед явился показ внутренней структуры их фундамента, для чего ранее не было достаточных данных. Впервые удалось полностью раскрыть структуру докембрийского фундамента Белорусского и Воронежского массивов и палеозойского фундамента Тургайского прогиба в контурах нулевой изогипсы и отдельно внутреннюю структуру фундамента Европейской платформы. Выделились более древние, в основном байкальские блоки

в основании молодых плит — Скифской, Туранской и Западно-Сибирской. Более выпуклое изображение получили рифейские авлакогены Русской плиты и триасово-юрские Западной Сибири. Цветными контурами обозначено распространение разновозрастных этажей осадочного чехла.

Существенным изменениям подверглись и методы раскрытия структуры и истории складчатых систем фанерозоя. Было решено выделить их древние ядра цветом соответствующих складчатых комплексов — например, в альпийском поясе киммерийских, герцинских, каледонских, байкальских, добайкальских вместо их объединения в единый «комплекс основания» (A_0). Вместе с тем в случае необходимости показано, что эти комплексы подверглись позднейшей переработке, иногда двукратной (большее число переработок показать технически невозможно). Что касается внутреннего расчленения собственно альпийского комплекса, то после долгих дебатов на Парижской сессии Редакционного комитета в 1971 г. было решено отказаться от выделения структурных этажей ввиду неоднозначного проведения их границ и заменить его районированием по возрасту основных фаз складчатости. Вместе с тем сохранен показ характерных осадочных и вулканогенных формаций, таких как флиш, моласса, спилито-кератофировая формация, наземно-вулканогенные формации разного состава, смена которых отражает стадию развития геосинклиналей.

Большую дискуссию в процессе составления карты вызвал вопрос о выделении эв- и миогеосинклиналей. Основная критика исходила со стороны исследователей герцинской Европы, главным образом геологов ФРГ, которые указывали на невозможность объективного выделения этих зон в пределах обширной территории Западной и Центральной Европы. Малоудачным оказалось разделение на эв- и миогеосинклинали и альпийского пояса, в особенности в пределах Кавказа, Анатолии и Ирана по формальному признаку наличия или отсутствия проявлений подводного, инициального по Г. Штилле вулканизма, без учета характера этого вулканизма: спилито-диабазового или андезитового (порфиритового). Вместе с тем исследователи Урала, а также Скандинавских и Британских каледонид считали полезным и даже необходимым сохранить выделение в этих складчатых системах эв- и миогеосинклинальных зон ввиду четкой выраженности их отличий. В результате на Парижской сессии Редакционного комитета было решено предоставить авторам отдельных частей карты «свободу рук», т. е. возможность показа нерасчлененных ортогеосинклиналей или их подразделения на эв- и миогеосинклинали; последнее и было принято для Урала и каледонид Северо-Западной Европы.

Еще один вопрос, который пришлось решать при составлении карты — вопрос о внутриплатформенных складчатых зонах, возникших на месте глубоких (нередко более 10—12 км) прогибов, соединявшихся или не соединявшихся с основными геосинклинальными системами. Эти прогибы, примером которых могут служить Донбасс или Атласы Северной Африки, по-разному рассматриваются в литературе — то как особого рода геосинклинали (интракратонные), то как платформенные структуры — авлакогены или другие. Их не следует смешивать с областями распространения складчатого чехла по периферии складчатых систем, где этот чехол не достигает большой мощности (Юрские горы, Предбетская зона Испании и др.). Видимо, складчатые зоны такого рода правильнее всего выделять особо на фоне общей платформенной структуры, и по этому пути пошли авторы данной карты.

Таковы главнейшие особенности новой Тектонической карты Европы. Работа над ее созданием послужила стимулом для составления и публикации ряда национальных карт более крупного масштаба — Иберийского полуострова и отдельно Португалии, Италии, Швейцарии. Особо следует отметить очень хорошо выполненную, в легенде несколько от-

личной от легенды карты Европы, тектоническую карту Карпато-Балканской области (координатор М. Магел, ЧССР), составленную при активном участии советских геологов.

Значительным событием является выход в свет к данной сессии МГК новой тектонической карты Австралии и Новой Гвинеи в масштабе 1:5 000 000. Эта карта весьма существенно отличается от первой тектонической карты Австралии 1960 г., которая фактически представляла собой обобщенную геологическую карту с нанесением отдельных структурных обозначений. Отличается новая карта и тем, что на ней показано строение всей Новой Гвинеи и подводной окраины Австралийского континента, по которой в настоящее время накоплен уже довольно большой материал. Основным принципом тектонического районирования взят, как и на карте Европы, возраст так называемой главной складчатости, но наряду с этим выделены и районы проявления завершающей или, по авторам карты, «затухающей» (wapping) складчатости («промежуточные области» — см. ниже). За основу расчленения докембрийских, а отчасти и фанерозойских складчатых образований приняты радиометрические данные. Области развития интенсивно складчатых образований в основном геосинклинального происхождения, большой мощности, с высоким содержанием изверженных пород и нередко метаморфизованных¹ названы орогеническими провинциями. Различается пять основных таких «провинций» (от древних к молодым): Западноавстралийская (от 3000 млн. лет), Североавстралийская и Центральноавстралийская (от 2200 млн. лет), Восточноавстралийская, или Тасманская (от среднего кембрия до триаса), Новогвинейская (от триаса и моложе). Кроме того, выделены докембрийские метаморфические комплексы неустановленного возраста (в том числе Арунта, Арнхем) и позднекембрийские орогенические области, выделенные на Тасмании (Тиенна — Роки Кэй) и в районе мыса Натуралиста на крайнем юго-западе материка. В докембрии им отвечают отдельные блоки, в фанерозойских складчатых системах — отдельные пояса. Комплексы пород, слагающие подобные провинции, разделены на более дробные «хронотектонические единицы» еще более узкого регионального значения. Таким образом, карта построена, подобно картам Северной Америки и Африки, по региональному принципу; авторы специально подчеркивают, что классификация тектонических эпох, разработанная в Европе и Северной Америке, оказалась непригодной для Австралии.

Наряду с «орогеническими провинциями» на карте выделены поля распространения платформенных чехлов. Чехлы разделены на четыре возрастных генерации; эти подразделения являются одновременно территориальными — Западноавстралийский чехол (от 2200 млн. лет), Североавстралийский чехол (от 1750 млн. лет), Центральноавстралийский чехол (от 1400 млн. лет), Трансавстралийский чехол (от середины карбона); частично, но в общем незначительно они перекрывают друг друга.

Некоторым новшеством явилось выделение на карте тектонических комплексов третьего типа — переходных областей (Transitional Domains). Характеристика им дана следующая (Doutch, 1972): «Третий тип областей содержит осадочную последовательность умеренной мощности и некоторое количество (some) кислых вулканитов и гранитов. Деформация умеренная и метаморфизм нетипичен. Тектонизация этих областей интенсивнее, чем таковая платформенного чехла, но меньше, чем орогенических провинций. Эти области во многих местах лежат несогласно между более молодым осадочным чехлом и более древней орогенической провинцией и, видимо, представляют определенное звено в (эволюционной) цепи событий».

¹ Судя по записке, авторы не считают ни один из этих признаков строго обязательным.

Судя по этой характеристике эти комплексы близки к тому, что многие советские геологи — исследователи молодых платформ — называют близким термином «промежуточный комплекс». Интересно, что к ним отнесена и известная позднебайкальская складчатая система Аделаиды, которая таким образом исключена из разряда собственно геосинклинальных.

На австралийской карте выделены еще (горизонтальными полосами) «породы, образованные и деформированные в линейных прогибах краин кратона, прилегающего к воздымающимся орогенным областям», т. е. фактически передовые (краевые) прогибы, например прогиб Сидней — Боуэн перед Новоанглийским поясом Восточно-Австралийской орогенической провинции. Подобно карте Европы, перекрестной штриховкой показаны участки развития платформенного чехла, охваченные локальной складчатостью.

Системы структурных обозначений и знаков для магматических пород также сходны с принятыми на ранее изданных тектонических картах других континентов.

В целом новая тектоническая карта Австралии и Новой Гвинеи весьма наглядно и объективно рисует сложное тектоническое строение этого континента, являясь несомненной удачей австралийских геологов (карта составлена Геологическим обществом под общим руководством Э. Хиллса, а издана Бюро минеральных ресурсов).

На заседании Подкомиссии по тектонической карте Мира Ф. М. де Альмейда был также показан макет первой Тектонической карты Южной Америки в масштабе 1 : 5 000 000. Предстоящий выход в свет этой карты явится несомненно крупным событием в истории геологических исследований Южноамериканского континента, для которого еще совсем недавно не было даже удовлетворительной сводной геологической карты. Следует отметить, что карта выполнена в исключительно короткий для такого сложного предприятия срок — решение о ее создании было принято на совещании в Монтевидео в конце 1967 г. (при активном участии А. Богданова).

Как подчеркивает Ф. Альмейда (Almeida, 1972), основные принципы составления этой карты идентичны принятым ранее при составлении тектонических карт Европы и Африки — районирование по возрасту главной складчатости, выделение по возможности в складчатых комплексах структурных этажей, показ распространения платформенных чехлов. Для докембрия состояние геологической изученности континента позволило дать лишь три главных подразделения: древнее 2600 млн. лет (нижний докембрий), от 2600 до 1800 млн. лет (средний докембрий) и моложе 1800 млн. лет (верхний докембрий). Тем не менее в пределах этих подразделений в ряде регионов удалось выделить более дробные тектоно-магматические циклы, например три цикла в верхнем докембрии в Бразилии: Эспиньясу (1800—1300 млн. лет), Уруасуано (1300—900 млн. лет) и Бразильский (900—500 млн. лет). Образования последнего цикла, явно эквивалентного байкальскому Евразии, имеют особенно широкое распространение. В Андах выделен додевонский складчатый комплекс, комплекс среднего и верхнего палеозоя и отдельно бассейны, выполненные пермо-триасовой молассой. Более молодые, мезозойско-кайнозойские складчатые образования считаются геосинклинальными лишь на крайнем севере (Карибские цепи) и крайнем юге (Патагонская Кордильера, Огненная Земля). Сделана попытка выделить в их пределах эв- и миогеосинклинальные зоны и разделить их на структурные этажи. Что касается Центральных и Северных Анд, то они рассматриваются, по предложению Чечилии Мартин-Белицциа, не как геосинклинальные системы, а как порождение перикратонных и интракратонных прогибов, но в них выделены примерно те же структурные этажи, что и на крайнем севере и юге континента. Показаны также неогеново-четвер-

тичные субандийские передовые и внутриандийские межгорные прогибы.

Фанерозойский платформенный чехол начал формироваться в Южной Америке с силура. Он подразделен на две части — более древнюю, от силура до триаса, и более молодую — послетриасовую. Особыми накладными знаками выделены грабены Атлантического побережья, возникшие в период тектоно-магматической активизации между поздней юрой и палеогеном, а также зоны наиболее глубоких четвертичных опусканий.

В изображении магматических комплексов особых новшеств нет, а из осадочных формаций выделены флиш и моласса.

В общем тектоническая карта Южной Америки, как и карта Австралии показала удовлетворительную применимость методики, разработанной на примере карты Европы (первое издание), а еще ранее Советского Союза к изображению структуры других континентов за исключением необходимости приспособления хронологических границ тектонических комплексов к местной действительности.

В Монреале был продемонстрирован также макет нового издания тектонической карты Индии в масштабе 1:2 000 000 (координатор — Д. Рей). Эта карта, подобно предыдущим, основана на районировании по возрасту главной складчатости, но она довольно значительно отличается от первого издания, в основном переоценкой возраста отдельных блоков и зон древней Индостанской платформы в результате накопления большого нового материала радиометрических исследований (параллельно с тектонической картой была составлена радиогеохронологическая карта того же масштаба). Общая тенденция заключается в удешевлении возраста фундамента Индостанской платформы, так как многие более ранние определения (К/Аг метод) оказались отражающими лишь возраст более поздней активизации (радиометрического «омоложения»).

На представленной карте в докембрийском фундаменте Индостана выделено три складчато-метаморфических вулканогенно-осадочных комплексов (вместо двух на первом издании карты) и два комплекса платформенного чехла. Комплексы эти следующие: 1) Восточно-Гатский, эквивалентный беломорскому (~2600 млн. лет с активизацией на рубеже 2000 млн. лет); 2) Дарварско-Железорудно-Араваллийский, эквивалентный раннекарельскому (~2000 млн. лет); 3) Сингбум-Саусар-Делийский, эквивалентный карельскому (~1600 млн. лет); 4) Семри-Куддапахский, эквивалентный готскому (~1200 млн. лет); 5) Виндийский, эквивалентный байкальскому (~700 млн. лет и моложе). Приходится заметить, что возрастное расчленение нижнего и среднего докембрия, принятое на данной карте, несколько расходится с подразделением, должным на докембрийской секции Конгресса — С. Саркаром (Sarkar, 1972). Это касается, в частности, оценки возраста дарварского комплекса, который в схеме Саркара принимается более древним (архейским, по нашей терминологии). Вообще среди индийских геологов существуют серьезные разногласия по вопросу об одно- или разновозрастности Дарвара и Аравалли; другой докладчик К. Дар (Dar, 1972) также отстаивал их эквивалентность; автору этих строк представляется, однако, что Дарвар все же древнее.

В области древней платформы выделены еще грабены (авлакогены) палеозойско-мезозойского и кайнозойского возраста, смыкающиеся на западе и на востоке с чехлом, окаймляющим щит со стороны океана (перикоеанические прогибы. — В. Х.).

На севере и западе Индии располагаются Гималайская и Нага-Лущайская (Араканская) кайнозойские складчатые системы. В пределах последней выделены эв- и миогеосинклинальные зоны. В Гималаях к эвгеосинклинали отнесена Верхнеиндская «шовная» зона; значительные

площади показаны как переходные от эпигерцинского платформенного чехла к миогеосинклинали (возраст отложений триас — палеоген) или от миогеосинклинали к шельфу (возраст палеоген — неоген). Кроме того, показаны крупные выходы активизированного архейско-среднепротерозойского (идентичного фундаменту платформы), верхнепротерозойского, каледонского и герцинского метаосадочного, гнейсового и гранитного фундамента. Признаться, автору остались неясными основания для выделения каледонского и герцинского комплексов. Образующие периферию Гималаев и системы Нага-Лушай аллювиальные равнины Инда (Синдху), Ганга и Брампутры и их притоков частично заняты передовыми прогибами этих складчатых сооружений, частично же покрытыми чехлом склонами древней платформы.

Одна важная особенность этой безусловно интересной и ценной карты очень настораживает — это ее общий структурный рисунок, в котором доминирует бесчисленное число разломов разных направлений, якобы обуславливающих мелкоблоковое строение не только платформы (щита), но и Гималаев. При этом совершенно исчезли привычные всем надвиги (шарьяжи) Гималаев и даже их общая дугообразная форма, с выпуклостью к югу. Подозреваю, что подобная интерпретация возникла не без влияния взглядов некоторых советских геологов и позволю себе усомниться в ее соответствии действительности.

Во всяком случае новая карта Индии, как и карта Южной Америки, являются наглядным свидетельством быстрого прогресса синтетических тектонических исследований в странах, которые принято относить к категории развивающихся. Еще одним разительным примером в этом отношении является создание геологической и тектонической карт Афганистана в масштабе 1 : 1 000 000, доложенных главой геологической службы этой страны С. Мирзадом на заседании Комиссии по геологической карте Мира. Ведь Афганистан еще совсем недавно был почти сплошным белым пятном на геологической карте Азии! Следует отметить, что обе эти карты являются плодом содружества афганских и советских геологов, учитываая вместе с тем результаты работы французских и западногерманских геологов. Надо упомянуть также, что для соседнего Ирана еще ранее составлена (но пока не издана) тектоническая карта в масштабе 1 : 2 500 000 (И. Штеклин, М. Набави и др.).

Итак, можно констатировать, что большая часть материков уже охвачена тектоническим картографированием. Вышли в свет тектонические карты Европы (1-е издание), Северной Америки, Африки, Австралии. Для Антарктиды имеется два варианта карты — советский (М. Равич, и др. — докладывалась на Пражской сессии МГК) и американский (К. Крэддок — опубликована в «Атласе Антарктиды») — первый, на мой взгляд чересчур детальный, особенно в отношении показа гипотетической подледной структуры, второй, напротив, чересчур схематический, но на основе обоих можно составить хорошую карту «шестого континента». Карта Южной Америки составлена и находится в процессе издания и, следовательно, остается Азия. Но значительная часть Азии, в пределах СССР, Ирана и стран Аравийского полуострова уже изображена на новой карте Европы, макет которой демонстрировался в Монреале; карты всего Ирана, Афганистана, Индии, ДРВ, КНДР, Японии уже составлены; на совещании в Куала-Лумпуре (Малайзия) весной 1972 г. был показан предварительный макет тектонической карты Индонезии, а в Монреале был представлен макет Азиатской территории СССР и Монголии, составленный в масштабе 1 : 15 000 000 для Тектонической карты Мира в новой легенде, разработанной советской группой Редакционного комитета этой карты. Тектоническая карта Китайской Народной Республики в масштабе 1 : 4 000 000 была издана в 1959 г. и, вероятно, сейчас нуждается в ревизии. Таким образом, только относительно небольшое число азиатских стран — Пакистан, Шри-Ланка, Бирма, Малайзия, Таиланд,

Камбоджа, Лаос, Филиппины, юг Аравийского полуострова и некоторые другие — еще не имеют тектонических карт, но в отдельных из них, например Бирме, Филиппинах, работы по их составлению уже начаты.

К великому сожалению, существенно иначе обстоит дело с океанами, занимающими, как известно, более 70% земной поверхности. До самого последнего времени, и это нашло отражение на изданных в шестидесятые годы тектонических картах Европы, Африки и отчасти Северной Америки, океаны и даже окраинные и внутренние моря изображались лишь своей батиметрией, что, конечно, никого уже удовлетворить не может, даже если эта батиметрия столь блестяще структурно стилизована, как это сделано на известных и заслуженно ставших широко популярными картах Б. Хейзена и М. Торп. Лишь на некоторых советских тектонических картах: впервые на карте Евразии (Г. Удинцев), на карте Тихоокеанского сегмента Земли (редакторы — Ю. Пушаровский и Г. Удинцев), на карте полярных областей Земли (редактор Б. Егиазаров) предприняты попытки дать тектоническое или хотя бы структурно-геоморфологическое районирование ложа океанов.

Совершенно очевидно, что главнейшие геоморфологические зоны океана являются одновременно и тектоническими — это относится к подводной окраине континентов, к переходным зонам между континентами и океанами, к срединоокеаническим хребтам и окаймляющими их абиссальным равнинам океана.

Подводная окраина материков располагается на континентальной коре и по существу относится еще к материкам, а не океанам, понимаемым в геолого-геофизическом смысле. В своей приматериковой части она состоит либо из абразионных шельфов, представляющих продолжение щитов и массивов платформ, древних и молодых, или выходов комплекса основания складчатых систем, либо из аккумулятивных шельфов — дистальных элементов плит платформ, либо, наконец, из зон с расчлененным рельефом, отражающих области продолжающегося складкообразования на периферии складчатых систем суши. Как уже условлено при составлении Тектонической карты Европы (2-е издание), способ изображения структуры шельфа принципиально не должен сильно отличаться от принятого для наземных частей материков.

Континентальный склон представляет собой уже вполне специфический структурный элемент огромной протяженности, подчеркивающий с внешней стороны границу континент/океан. На глубине, а иногда и на поверхности ему отвечает зона разлома, зона стыка континентальной и океанической коры¹. В прилегающей к склону части шельфа нередко прослеживается параллельный склону глубокий прогиб, обычно полностью компенсированный осадками, а под верхней частью склона часто находится поднятие, выраженное либо выступом фундамента, либо соляным валом, либо барьерным рифом, которое способствовало мощному накоплению осадков в прилегающей части шельфа (Эмери, 1971). Другой глубокий прогиб, простирающийся также параллельно континентальному склону, протягивается обычно с его океанической стороны, в зоне континентального подножья. Его заполняют осадки, преодолевшие на

¹ Ю. Косыгин (1969), а также Ч. Борукаев и Л. Парфенов (1972) протестуют против отождествления геологических и геофизических понятий, в частности их синтеза в представлениях о континентальной и океанической коре. Хотя формально нельзя не согласиться с тем, что физические и геологические параметры отдельных объектов вовсе не обязаны совпадать и что геологические тела разных классов могут обладать одинаковыми физическими параметрами, в действительности существует самая тесная корреляция между физическими параметрами и геологическими структурами, особенно если брать комплекс параметров. Так, интенсивные положительные магнитные аномалии могут иметь различную природу, но в сочетании с гравитационными ступенями они статистически достаточно трассируют глубинные разломы. Если бы подобной корреляции не было, использование геофизических данных для геологии потеряло бы всякий смысл.

пути своего переноса краевое континентальное поднятие и перемещенные к месту своего захоронения мутьевыми потоками (турбидными течениями). Эти осадки могут рассматриваться как современные аналоги сланцево-граувакковых формаций или флиша. Прогибы данного типа тесно связаны с континентом в своем расположении, происхождении и заполнении, но подстилаются уже океанической корой.

Переходные зоны между континентами и океанами состоят обычно из триады: окраинное море (с корой океанического или субокеанического типа) — островная дуга (с корой субконтинентального или континентального типа) — глубоководный желоб (зона стыка субконтинентальной и океанической коры). Эти зоны обычно рассматриваются как аналоги современных геосинклиналей, но фактически являются лишь одним из их типов. Другой тип образуют парные желоба и разделяющее их окраинное поднятие подводных окраин континентов, причем внутренняя часть шельфа служит аналогом зон перикратонных опусканий. Основное различие состоит в гораздо более активном развитии зон первого типа — интенсивного магматизма, свойственного островным дугам, метаморфизма, складчато-надвиговых деформаций, что связано с существованием сверхглубинных наклонных разломов — зон Беньофа, выходящих на дно под глубоководным желобом и падающих под островную дугу. Глубоководные желоба не компенсированы осадконакоплением благодаря экранующему влиянию островных дуг и перехвату материала с континентов окраинными морями. Однако на их продолжении, близ более мощных дуг, которые сами уже служат источником сноса обломочного и вулканического материала, нередко располагаются прогибы, заполненные осадками и поэтому непосредственно не выраженные в рельефе дна океанов.

Необходимость изображения на тектонических картах всех этих структурных элементов — континентального склона, сопровождающих его с обеих сторон прогибов, окраинных морей, островных дуг и глубоководных желобов не вызывает сомнений, но им должны быть присвоены уже тектонические, а не геоморфологические названия, так как структура не всегда однозначно совпадает с рельефом (например, глубоководный желоб и его заполненное осадками продолжение)¹.

В пределах собственно океана (т. е. за границами континентального склона и подножья в океанах рифтового типа или краевых систем глубоководных желобов в Тихом океане) следует выделить прежде всего блоки с утоненной корой континентального типа — микроконтиненты, обычно погруженные на глубину не более 3 км. В настоящее время большое число таких микроконтинентов установлено уже во всех океанах — в Северной Атлантике (Роколл и др.), в Северном Ледовитом океане (хребет Ломоносова и возможно Менделеева), в Индийском океане и в юго-западной части Тихого океана. Существование таких блоков не противоречит, однако, определению океанов как областей с преобладающе океаническим типом коры, подобно тому как развитие впадин с корой субокеанического типа, вроде Прикаспийской, не должно мешать определению континентов как областей с преобладающе континентальным типом коры.

Если исключить микроконтиненты, остальная часть ложа океанов принадлежит двум главным типам структурных элементов океанической литосферы — океаническим (срединноокеаническим) подвижным поясам и более спокойным и выровненным океаническим платформам (талассократонам) или плитам (талассопленам). Несомненно, что и последние не являются абсолютно жесткими, абсолютно устойчивыми и абсолютно инертными структурами литосферы, но ведь то же относится и к континентальным платформам, поэтому применение первых сходных названий совсем не противопоказано.

¹ Здесь «принцип специализации» Ю. Косыгина вполне справедлив.

Как в пределах океанических подвижных поясов, так и в пределах плит может быть выделено значительное число структурно-геоморфологических элементов второго порядка (рифты, гребни, склоны, желоба, связанные с трансформными разломами; сводовые поднятия, глыбовые хребты, сопровождающие их желоба и др.). Как срединноокеанические подвижные пояса, так и плиты пересекаются большим числом трансформных разломов, уходящих в пределы континентов, но здесь обычно не сопровождающихся значительными горизонтальными смещениями. Все эти структуры могут и должны быть показаны на тектонических картах, но этим еще не решается другая главная задача тектонического картографирования — отражение истории формирования тектонических структур.

Следует признать, что для решения этой последней задачи мы пока обладаем лишь ограниченным фактическим материалом. Результаты бурения с судна «Гломар Челленджер» необычайно важны для понимания возраста базальных горизонтов первого слоя океанической коры. Как известно, они показали, что наиболее древние осадки этого слоя имеют верхнеюрский возраст и что происходит закономерное омоложение возраста базальных слоев осадочного слоя океанов в направлении современных рифтовых зон срединноокеанических хребтов. Конечно, это еще не решает вопроса о действительном возрасте океанов, поскольку почти несомненно, что осадки частично входят и в состав второго слоя, причем здесь они могут быть уплотненными. Однако эти осадки не могут представлять очень большой интервал времени, ибо мощность второго слоя в общем невелика и большая часть этой мощности, вероятно, слагается базальтовыми покровами, накапливавшимися сравнительно быстро. Кроме того, другие независимые данные, в частности палеомагнитные, о возрасте, например Центральной Атлантики, сходятся с возрастом основания осадочного слоя; более древние отложения на периферии этой акватории представлены уже континентальными образованиями. Правда, в других океанах, например в западной части Индийского океана (Аравийское море — Сомалийская котловина — Мозамбикский прогиб), интерполяция материалов по геологии побережий показывает, что до начала отложения осадочного слоя на дне современного океана здесь должны были существовать эпиконтинентальные моря — видимо, сначала образовались плоские прогибы, а затем уже рифты и раздвиги.

Тем не менее данные о возрасте подошвы осадочного слоя являются в настоящее время наиболее объективными данными, а сама эта подошва и соответственно поверхность второго слоя может быть уподоблена кровле фундамента и основанию чехла континентальных платформ. Следовательно, структура этой поверхности даст более правильную рисовку тектонической структуры дна океана, чем батиметрия, поскольку мощность осадочного слоя зависит в океане не столько от структуры, сколько, например, от биологической продуктивности, максимальной в зоне экваториальной конвергенции. Линии же выклинивания осадков разного возраста (юра, мел, палеоген, неоген) аналогичны контурам распространения отдельных комплексов платформенного чехла на континентах и их проведение полезно для указания минимального возраста отдельных участков океанического дна.

В построениях сторонников новой глобальной тектоники большое значение придается полосовым знакопеременным аномалиям магнитного поля, симметричным по отношению к осевым рифтам срединных хребтов, независимо от того, принимается ли или нет интерпретация происхождения и возраста этих аномалий, предложенная Дж. Вайном и М. Мэтьюзом и развитая Дж. Хейртцлером и другими исследователями, сам «зебровый» тип магнитного поля является необычайно характерным для центральных частей океанов, а рисунок аномалий, их простирание и смещение весьма наглядно отображают структуру консолидированной

части океанической коры. Поэтому, на наш взгляд, их нанесение на тектоническую карту является чрезвычайно желательным, с оцифровкой в тех местах, где корреляция не вызывает сомнений.

Такова, как нам кажется, основная нагрузка, которая может быть предложена в настоящее время для океанических акваторий. Полезным является еще нанесение пунктов, где драгирование показало присутствие ультрабазитов, эпицентров землетрясений с указанием направлений смещений в их очагах, замеров аномально высоких значений теплового потока и скважин, пробуренных на дне. Достаточно отчетливо должны быть показаны современные зоны Бенъофа с нанесением там, где это уже возможно, изогипс их поверхности.

Думается, что если построить таким образом легенду океанической части тектонической карты Мира, мы тем самым учтем весь набор фактов, полученных в последние годы и используемый в концепции новой глобальной тектоники, не навязывая, однако, потребителям карты именно эту или какую-либо другую трактовку фактов и тем самым соблюдая обязательный принцип объективности тектонических карт, тем более международных, и предоставляя читателю самому делать свои теоретические выводы.

Возникает далее вопрос, в какой мере такой подход должен быть распространен на континенты. В настоящее время большое внимание исследователей привлекают такие ранее игнорировавшиеся или недооцененные особенности структуры древних складчатых зон, как офиолитовые пояса, зоны тектонического меланжа, метаморфизма высокого давления и сопряженные с ними вулканоплутонические пояса, зоны высокотемпературного метаморфизма, которые позволяют, по мнению «плито-тектонистов», намечать древние границы плит, древние зоны Бенъофа. Если даже с этим не соглашаться, указанные черты структуры складчатых систем несомненно имеют большое значение и не могут не изображаться, притом достаточно выразительно на тектонических картах. Вместе с тем вряд ли было бы правильно сводить все содержимое тектонических карт только к отображению этих элементов, как это в значительной мере сделано на очень интересном предварительном макете тектонической карты Индонезии, составленном У. Гамильтоном и Дж. Катили и демонстрировавшемся на совещании в Куала-Лумпуре.

Думается, что по крайней мере на первом издании Международной тектонической карты Мира в качестве основы тектонического районирования должен быть сохранен возраст главной, или, как ее назвал М. Муратов, платформообразующей (вернее предшествующей основному образованию) складчатости. Именно в этом ключе составлены уже опубликованные или публикуемые карты Европы, Северной и Южной Америки, Австралии, СССР, Индии, которые должны быть использованы при составлении карты Мира. Конечно, этот метод тектонического районирования имеет свои недостатки, во многом справедливо подмеченные Ч. Борукаевым и Л. Парфеновым. Прежде всего возникает трудность корреляции событий на разных континентах, сведение эпох складчатости в относительно небольшое число. Вероятно, это может быть сделано достаточно объективно, если указать в легенде действительные возрастные рамки каждой эпохи на отдельных континентах или даже крупных складчатых поясах. Использование в качестве одного из основных критериев датировки переломных эпох в развитии геосинклиналей не только общих структурных несогласий, но и смены геосинклинальных формаций орогенными, как это сделано при составлении советской карты Евразии, придает еще большую объективность и вносит элемент «вещественности» в такое районирование. Этот последний элемент может быть еще больше усилен, если иметь в виду то бесспорное обстоятельство, что геосинклинали являются теми зонами, где происходит преобразование океаниче-

ской коры в континентальную¹, и что завершение становления последней приурочивается именно к эпохе главной складчатости, с которой обычно синхронны максимум регионального метаморфизма и гранитизации. Поэтому последовательная история формирования складчатых сооружений есть одновременно история разрастания континентальной коры, в то время как история океанов — история ее уничтожения. Такая карта районирования по возрасту главной складчатости может быть сравнительно легко трансформирована в карту районирования по возрасту континентальной коры (см., например, карту А. Пейве и др., 1972). Основное различие будет состоять в том, что миогеосинклинали должны быть отнесены к окраинам областей с более древней корой, чем эвгеосинклинали, — с консолидированной корой, одинаковой с прилегающими платформами, но вовлеченной в погружение и складчатость одновременно со смежными и сопряженными с ними эвгеосинклиналями.

Остается пока непреодоленным один существенный недостаток описываемого подхода к тектоническому районированию. Оно не учитывает времени заложения геосинклиналей, которое заведомо не одинаково и особенности течения геосинклинального процесса, нередко прерываемого эпохами господства квазиплатформенного режима. Правда, эти особенности истории развития могут быть вычитаны из карты при ее внимательном рассмотрении, но они все же заслуживают большего подчеркивания. То же касается и повторного вовлечения участков с уже сформированной континентальной корой в орогенные и складчатые деформации. Имеются и другие недостатки, но они представляются уже более второстепенными.

Таковы некоторые вопросы, связанные с созданием первой Международной тектонической карты Мира в масштабе 1 : 15 000 000. Хочется выразить надежду, что, несмотря на определенные трудности, макет такой карты удастся представить уже на следующей, XXV сессии Международного геологического конгресса в 1976 г. в Сиднее.

Литература

- Борукаев Ч. Б., Парфенов Л. М. Заметки о тектоническом районировании. — В кн.: Тектоника Сибири, т. V, Изд-во «Наука», 1972.
- Косыгин Ю. А. Тектоника. Изд-во «Недра», 1969.
- Международная тектоническая карта Европы, 1964.
- Пейве А. В., Штрейс Н. А. и др. Палеозойды Евразии и некоторые вопросы теории геосинклинального процесса. — Сов. геология, 1972, № 12.
- Тектоническая карта Евразии. ГУГК, 1966.
- Тектоническая карта Китая (на кит. яз.). Масштаб 1 : 4 000 000. Под ред. Чжан Вэнь-ю (Б. М.), 1959.
- Тектоническая карта полярных областей Земли. ГУГК, 1969.
- Тектоническая карта Тихоокеанского сегмента Земли. ГУГК, 1970.
- Эмери К. О. Континентальные шельфы. В кн.: Океан. Изд-во «Мир», 1971.
- Almeida F. F. M. de. Geochronological divisions of the Precambrian of South America. — Revista brasileira de geociencias, 1971, v. 1, N 1.
- Dar K. K. Evolution of the Aravalli — Dharwar geosynclinal orogenic belt in India and the development of its structural pattern. — Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 3. Montreal, 1972.
- Doutch H. E. Notes on the preparation of the 1 : 5 000 000 Tectonic map of Australia and New Guinea, 1971.
- Revised tectonic map of India. — Geol. Survey of India, 1972.
- Sarkar S. N. Present status of Precambrian geochronology of Peninsular India. — Intern. geol. congr., XXIV session, sect. 1. Montreal, 1972.
- Tectonic map of Australia and New Guinea. — Geol. Soc. Australia, 1971.

¹ Независимо от того, является ли океаническая кора начальной стадии развития геосинклиналей первичной или вторичной.

Г. Д. Ажгирей

К ВОПРОСУ О ДОГЕОСИНКЛИНАЛЬНОМ (НУКЛЕАРНОМ) ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В АРХЕЕ

Проблема исторического развития главных структурно-тектонических и магматических комплексов, образующих земную кору, имеет огромный практический интерес. С представлениями в этой области связано понимание многих закономерностей образования разнообразных и очень важных месторождений полезных ископаемых.

Во время работы XXIV сессии Международного геологического конгресса и особенно при ознакомлении на месте с геологией и полезными ископаемыми древнейших областей Канадского щита — архейского ядра Киватина (провинция Сьюпириор в штате Онтарио), советские геологи имели возможность многое увидеть лично, что дает определенное право высказаться по ряду вопросов. Этому не в малой степени способствовала отличная организация экскурсий принимавшими нас канадскими геологами.

Коротко об истории вопроса. В Советском Союзе Е. Павловский, М. Марков (1963), Л. Салоп (1964, 1968), Ю. Шейнман (1970) и некоторые другие исследователи, а за границей в последние годы, в наиболее определенной форме К. Анхауэссер (Anhauser, 1969) предположили, что линейные геосинклинальные структуры возникли только на определенном историческом этапе развития Земли, а именно, после архея или, даже только со среднего протерозоя. Характеристика строения древнейших представителей континентальной коры разноречива. Одни исследователи ищут остатки первичной катархейской базальтовой коры (протокоры), другие доказывают, что протокора имела гранитоидный состав, причем гранито-гнейсовые овоиды куполовидной формы неправильно распределены по площади древнейших ядер протоплатформ. Наконец, третьи, к числу которых относится Анхауэссер, допускают взаимосвязанное существование жестких участков (кратонов) и линейных впадин, заполненных мощными (до 30 км) толщами магматических пород и разнообразных седиментарных отложений. Вулканыты и осадочные отложения в этих впадинах собраны в сжатые синклинии, борта которых соседствуют с гранито-гнейсовыми куполами, слагающими кратоны. Абсолютный возраст гранито-гнейсов, как правило, на несколько сотен миллионов лет моложе возраста вулканогенных и осадочных пород, образующих зажатые между гранитоидами синклинии. Но, в редких случаях, канадским геологам в Северо-Западном Онтарио и Юго-Восточной Манитобе удалось найти остатки и более древних гранито-гнейсов, подстилающих мощные толщи основных магматитов и связанных с ними седиментарных пород.

К. Анхауэссер отказывается признать за вышеописанными мощными, собранными в крутые синклинии, metabазальтами, спилитами и седиментарными породами геосинклинальную природу на том основании, что весь комплекс пород в синклиниях почти не несет признаков

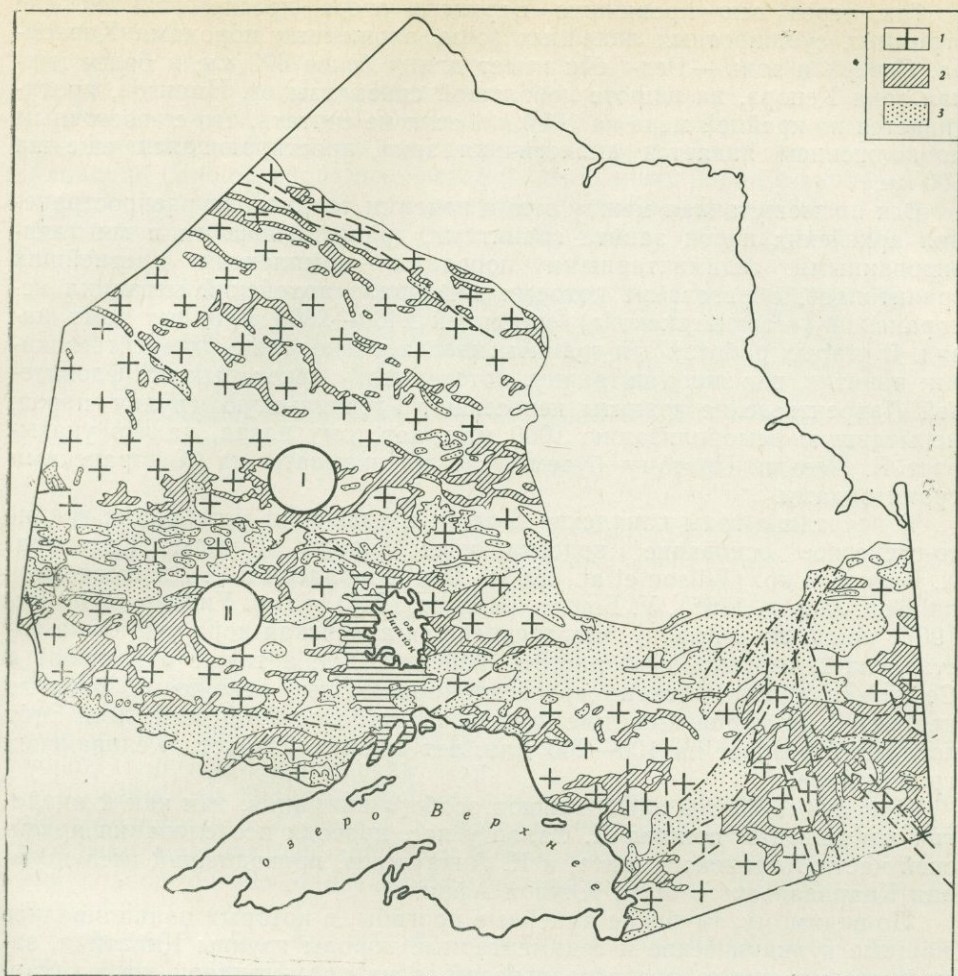


Рис. 17. Схема геологического строения архейского ядра Верхнего озера в Канаде (провинция Онтарио, область Сьюпириор)

Мобильные линейные зоны: I — Ред-Лейк, II — Кенора; 1 — гранитоидные батолиты; 2 — Киватин, метавулканиты (неразделенные, основные и кислые); 3 — метаседиментарные породы и мигматиты, частично включающие породы Киватина

регионального метаморфизма, несмотря на более молодой возраст окружающих их громадных массивов гранито-гнейсов.

А. Гликсон (Glikson, 1970), описав такие же взаимоотношения в древнейшей части Западно-Австралийского щита, в отличие от К. Анхауэссера, считает вполне возможным рассматривать как геосинклинальные, древнейшие линейные структуры, заполненные метавулканитами и седиментарными толщами.

Архейское ядро Верхнего озера в Канаде в провинции Онтарио (область Сьюпириор). Имея в виду вышеописанные противоречивые точки зрения, мы во время экскурсии по древнейшей части Канадского щита обратили особенное внимание на личное ознакомление с фактами. Факты эти оказались следующими. Но вначале напомним некоторые проблемы геологии архейских образований области Сьюпириор. До последнего времени древнейшими считались метавулканиты и метаседиментарные породы группы Киватина, мощность которых в некоторых местах оценивается в 18 000 м. Эти породы образуют обычно смятые в крутые изоклинальные складки протяженные поясы (рис. 17).

Так, через всю провинцию Верхнего озера прослеживаются две огромных субширотных линейных зоны, сложенных породами Киватина. Северная зона — Ред-Лейк имеет длину более 800 км, а более южная зона Кенора, на широте небольшой синеклизы оз. Нипигон, протягивается по крайней мере на 1000 км, если не считать, что ее восточным продолжением является аналогичная зона, простирающаяся еще на 500 км.

Вся промежуточная между этими поясами территория распространения архейских пород занята гранитами, гранито-гнейсами и мигматизированными седиментарными породами — комплексом древнейших гранитоидов, образование которых завершало архейский мегацикл кеноранской («саганаганской») орогенной 2480—2600 млн. лет тому назад. В старых работах эти граниты иногда именовались Лаврентьевскими; понятие, вносящее путаницу, потому что у некоторых исследователей Лаврентьевские граниты пересекают Гренвильскую группу пород, испытавшую ремобилизацию 1000 млн. лет тому назад, на что указывает Е. Лазько. Поэтому будем условно называть их Кеноранскими гранитоидами.

В последние годы канадские геологи в ряде мест установили гранито-гнейсовое основание, подстилающее породы группы Киватина. Х. Вилсон и др. (Wilson et al., 1965), Дж. Доналдсон и Г. Джексон (Donaldson, Jacson, 1965), У. Бэргер (Bargar, 1966) и Дж. Уиллер (Wheeler, 1967) приходят к выводу, что древнейшая архейская кора уже была составлена гранитами, с возрастом 3200 млн. лет, а также описывают в Северо-Западном Онтарио архейские обломочные отложения, богатые кварцем и полешпатами, имеющие возраст более 2700 млн. лет. Этот последний возраст на 100—200 млн. лет древнее возраста Кеноранских гранитоидов.

Описанные факты заслуживают особого внимания, так как к аналогичным выводам пришел Л. Салоп у нас, проводя исследования архейской части Алданского щита, и К. Анхауэссер, проводивший исследования Каапваальского щита Южной Африки.

По-видимому, глубокие линейные прогибы, в которых накапливались мощные вулканические и седиментарные породы группы Киватина, закладывались не на протобазальтовой, а на гранитоидной коре катархейского возраста и гипотеза о всеобщем распространении протобазальтовой коры, якобы подстилавшей архейские ядра древнейшей земной коры, может оказаться несостоятельной.

Проблема отсутствия значительного регионального метаморфизма в древнейших синклинориях пород группы Киватина. Мы уже отмечали, что почти полное отсутствие регионального метаморфизма в древнейших вулкано-седиментарных системах в Каапваальском кратоне и таких же системах, себаквийской, булавайской и таквайской, в Родезийском кратоне, привели Анхауэссера к отрицанию геосинклинальной природы этих образований. Действительно, должно было смущать сильнейшее проявление регионального метаморфизма и гранитизации, более молодой, чем указанные вулкано-седиментарные формации, в промежуточных блоках земной коры, как бы облегающих со всех сторон малометаморфизованные вулканогенно-седиментарные толщи.

В канадском архейском ядре мы наблюдали совершенно аналогичную, до деталей, картину.

Базальтовые, андезитовые и липаритовые лавы, туфобрекчии, туфоконгломераты, разнообразные граувакки несут признаки только самой начальной зеленокаменной ступени регионального метаморфизма. Породы поражают своим свежим видом; шаровые лавы распространены широчайшим образом, причем глобулы этих лав часто даже не сплюснены, а имеют почти округлые формы. И эта картина одновременно вписывается в признаки сильнейших тектонических деформаций. Вулкани-

ческие и седиментарные породы образуют огромные сильно сжатые синклинии. Мы подчеркиваем, что решительно преобладают синклиниориевые части, тогда как промежуточные антиклинии сжаты еще сильнее и часто редуцированы (рис. 18).

Мы уже имели случай высказаться в печати по поводу таких странных соотношений. Лично нам довелось изучать такие же сжатые синклинии слабо регионально метаморфизованных пород в вариссийском ядре Большого Кавказа, в огромной протяженной Тырнауз-Пшекишской разломной зоне, где по одну и другую сторону разломной зоны

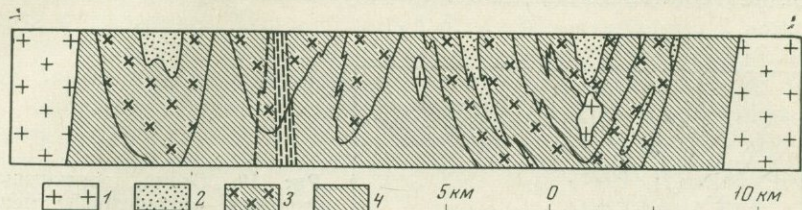


Рис. 18. Профиль (см. рис. 17) через одну из мобильных зон системы Кенора

1 — гранитоидные батолиты; 2—4 — Киватин: 2 — метаседиментарные породы, 3 — метавулканиты кислые и средние, 4 — метавулканиты основного состава

широко развиты, верхнепалеозойские, более молодые граниты и гранито-гнейсы. Возраст последних проявлений гранитизации, как установлено многочисленными определениями методами абсолютной геохронологии, на 100—200 млн. лет моложе возраста малометаморфизованных пород Тырнауз-Пшекишской зоны.

Совершенно аналогичные взаимоотношения наблюдал И. Соболев, по его личному сообщению, в зеленокаменных, несущих слабый метаморфизм, породах синклиниориев Урала, зажатых между антиклиниориями, подвергшимися сильнейшему региональному метаморфизму и гранитизации.

Следовательно, Анхауэссер неосновательно приписывал древнейшим архейским прогибам, заполненным вулканитами и терригенными отложениями, некие особые свойства, отличающие якобы эти прогибы от более поздних, верхнедокембрийских и фанерозойских геосинклиналей.

Гипотеза «обращенной» (перевернутой) крыши. Уже очень давно европейские геологи, изучавшие Альпы и варисциды Европы (О. Амперер, Э. Краус и мн. др.), обратили внимание на некие зоны всасывания в осевых частях геосинклиналей. Американцы В. Хоббс, В. Бухер и другие крупнейшие знатоки тектоники складчатых сооружений указывали на преобладание явлений поддвижения в сторону осевых зон геосинклиналей, что также вполне совпадает с взглядами О. Амперера. До сих пор, несмотря на наличие огромного фактического материала, подтверждающего представление Амперера, Хоббса и их единомышленников, среди многих геологов нет представления о действительных масштабах распространения подобных явлений. Только Н. С. Шатский несколько раз в своих сообщениях подчеркивал, что многие синклинии в геосинклиналях остаются необращенными после главных фаз складчатости.

Если мы теперь синтезируем многочисленные факты, на наличие которых мы могли в условиях короткой статьи дать только несколько неполных ссылок, мы получаем следующую схему, поясняющую, почему центральные осевые зоны геосинклиналей так часто лишены интенсивного регионального метаморфизма, тогда как рядом развивается сильнейший региональный метаморфизм более молодой, чем породы, заполняющие главный геосинклинальный прогиб. Поверхности всасывания

образуют структуры «перевернутой крыши», вдоль которой отгибаются в стороны потоки тепла и гранитизирующих флюидов (рис. 19).

Проблема характера и состава пород в геоантиклинальных, глубоко-метаморфизованных зонах. Эта проблема до сих пор серьезно не ставилась ни в одной стране, где развиты древнейшие архейские щиты, потому что не было правильного понимания исходного положения об изначальном, в архее, разделении коры на геосинклинальные и геоантиклинальные части. Не ставилась она и в Канаде. Каковы были породы, слагающие геоантиклинальные промежутки между древнейшими гео-

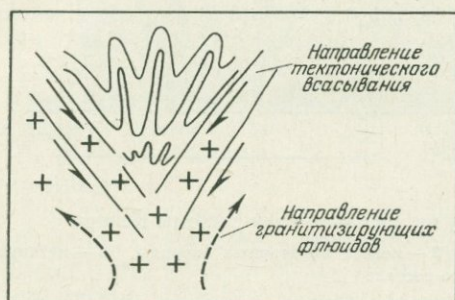


Рис. 19. Схема, поясняющая гипотезу «обращенной» (перевернутой) крыши

синклиналями. Об этом мы можем только догадываться. Если правы Энегели (Engel, 1970), что пояс Гренвильской регенерации в провинции Онтарио перекрывает значительную часть древнего архейского щита, мы имели случай наблюдать ядра архейской геоантиклинальной инфраструктуры в районе Пэрри Саунд между Банкрофтом и Седбери, составленные слоистыми гнейсами в гранулитовых фациях. Гнейсы содержат многочисленные прослои амфиболитов. В целом породы эти похожи на мощные, первоначально псаммитовые толщи, может быть переслаивающиеся с карбонатными отложениями небольшой и средней мощности, может быть инъецированные тонкими силлами диабазов. Внедрение последних, вполне вероятно, могло происходить в начальные стадии развития Киватинского геосинклинального этапа, когда основные интрузии были значительными в геосинклинальных прогибах и имели небольшую мощность в геоантиклинальных участках.

Химический состав метасаммитов позволяет предполагать, что последние образовались за счет денудационных процессов, разрушавших гранитную протокуру, имевшую значительно более древний возраст, чем заложившиеся позднее на этой коре геосинклинальные прогибы с Киватинскими толщами.

Полезные ископаемые магматогенного генезиса в осевых зонах Киватинских геосинклиналей. После фаз сжатия, когда глубинные флюиды вызывают гранитизацию в геоантиклиналях, наступали фазы растяжения, разрушающие структуру «перевернутой крыши». Остаточные магматогенные флюиды устремлялись в центральные зоны геосинклиналей, образуя в них многочисленные месторождения полезных ископаемых. Это особенно хорошо можно было наблюдать на канадском примере. Все золоторудные, медные и многочисленные другие месторождения оказались приуроченными только к вулканогенно-седиментарным толщам (мы не говорим тут о той части месторождений, которые были непосредственно связаны с вулканогенным процессом — такие также имели место).

С другой стороны, гранитизированные геоантиклинальные ядра почти бесплодны. В этом выводе заключается огромной ценности указание на генеральное направление поисков не только в Канаде, но и на щитах Советского Союза, Африки, Бразилии и других стран.

Заклучение

Подводя итоги мы можем утверждать, что не нашли никаких признаков догеосинклинальной (нуклеарной) стадии развития в архее Канады. Напротив, разделение всего древнего ядра на отчетливо линейные архейские геосинклинали и перемежающиеся с ними геоантиклинальные зоны на Канадском щите особенно ясно видно.

Но означает ли это, что в архейскую эру процессы были совершенно такими же, как позднее, по крайней мере в фанерозое. На этот вопрос надо дать определенно отрицательный ответ. Гранитизация в таких громадных размерах, в которых она развивалась в архее, в дальнейшей истории Земли уже не повторялась, или повторялась только на ограниченных площадях. Граниты были в своем огромном большинстве ювенильными, в той части, в которой шел привнос по сверхглубоким зонам из мантии Земли натрия, калия, кремния, кислорода, водорода и еще некоторых важных компонентов.

Очень важно отметить, что процессы гранитизации были столь интенсивны, что местами они разрушали границы геосинклинальных поясов. Этим объясняются местные нуклеарные структуры, которые внедряются своими овоидами в геосинклинали и как бы пожирают их. Однако только полное пренебрежение данными структурной геологии, указывающей на линейную вытянутость всех главных геосинклинальных зон, могло привести некоторых исследователей к ошибочной идее об отсутствии первоначальных линейных геосинклинальных поясов.

Именно в Канаде можно показать также полную бесплодность крайних преувеличений роли палингенеза и анатексиса в процессах образования гранитов. Потому что слишком резительны контрасты между ничтожно метаморфизованными геосинклинальными осадками и вполне гранитизированными породами геоантиклинальных участков, расположенных на одном и том же уровне современного эрозионного среза — в прошлом, на одной и той же, сравнительно небольшой глубине от тогда существовавшей поверхности.

Литература

- Павловский Е. В., Марков М. С. Некоторые общие вопросы геотектоники.— В кн.: Структура докембрия и связь магматизма с тектоникой. Изд-во АН СССР, 1963.
- Салон Л. И. Геохронология докембрия и некоторые особенности раннего этапа геологического развития Земли.— В кн.: Геология докембрия. Изд-во «Недра», 1964 (Межд. геол. конгр. XXII сессия. Докл. сов. геологов).
- Салон Л. И. Докембрий СССР. В кн.: Геология докембрия. Изд-во «Недра», 1968. (Межд. геол. конгр. XXII сессия. Докл. сов. геологов).
- Шейнман Ю. М. Развитие земной коры и дифференциация вещества Земли.— Геотектоника, № 4, 1970.
- Anhaeusser C. R. et al. A Reappraisal of Some Aspects of Precambrian Shield Geology.— Geol. Soc. Amer. Bull., 1969, 80, N 11.
- Bargar W. R. A. Geochemistry of the Yellowknife Volcanic Rocks.— Canad. J. Earth Sci., 3, 1966.
- Baer A. J. et al. The Geology of the Canadian Shield between Winnipeg and Montreal.— Guidebook Field Excursion A 35-C 35. Intern. Geol. Congr. XXIV session. Montreal, 1972.
- Davies J. C., Pryslak A. P. Kenora-Fort Frances Sheet Map 2115 Geological Compilation series, 1967.
- Donaldson J. A., Jackson G. D. Archaean sedimentary rocks of North Spirit Lake area, N. W. Ontario.— Canad. J. Earth Sci., 1965, 2.
- Engel A. E. J., Engel C. G. Continental Accretion and the Evolution of North America.— Adventures in Earth History. Freeman. San Francisco, 1970.
- Glikson A. Y. Geosynclinal Evolution and Geochemical Affinities of Early Precambrian Systems.— Tectonophysics, 9, N 5, 1970.
- Wheeler J. O. Tectonics in: Canadian Upper Mantle Report 1967.— Geol. Survey of Canada. Paper 67—41, 1967.
- Wilson H. et al. Volcanism in the Canadian Shield.— Canad. J. Earth Sci., 1965, 2.

Е. М. Лазько

О ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ И ГНЕЙСОВЫХ ПОЯСАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ КАНАДСКОГО ЩИТА

Известный исследователь докембрия К. Ранкама совсем недавно, при редактировании ряда работ, посвященных докембрийским образованиям Северного полушария, заметил, что «геология Канадского щита известна пока лишь в общих чертах, но этот щит представляется одной из «ключевых» областей для исследования и познания докембрия» (Ранкама, 1968).

В справедливости этого замечания автору пришлось убедиться воочию в ходе тщательно продуманной и превосходно организованной экскурсии (от Монреаля до Виннипега) для участников XXIV сессии Международного геологического конгресса в Канаде. Участники этой экскурсии смогли познакомиться с классическими районами развития докембрия, где широко представлены образования, памятные всем еще со студенческой скамьи по таким названиям, как гренвильская, гуронская и киватинская группы, лаврентьевские и альгоманские граниты, и многим другим. Прекрасная обнаженность по всему маршруту экскурсии, разнообразие докембрийских образований и во многих случаях совершенно четко наблюдаемые взаимоотношения между ними, безусловно делают южную часть Канадского щита ключевой для решения целого ряда важнейших вопросов геологии докембрия. К сказанному следует добавить, что здесь сосредоточено огромное количество месторождений различных полезных ископаемых, которые интенсивно эксплуатируются и давно уже вовлечены в орбиту общего геологического изучения щита. И тем не менее даже этот уникальный регион в целом должен быть отнесен к числу изученных только в самых общих чертах.

Главная причина этого парадоксального положения кроется в совершенно ничтожном объеме детальных работ по изучению структуры складчатых комплексов, которыми, по свидетельству М. Вилсона, к началу 60-х годов была покрыта площадь всего лишь около 25 000 км² (Вилсон, 1968). Немаловажное значение при этом, по мнению автора настоящей статьи, имеет и недостаточное внимание к определению возраста геологических образований различными радиометрическими методами, а также к широкому применению историко-геологического метода, что не дает возможности использовать данные, полученные при изучении других щитов.

Среди многих принципиальных вопросов геологии докембрия, возникающих при личном знакомстве с разновозрастными комплексами южной Канады, автор в данном сообщении остановится только на общей характеристике наиболее древних образований, широко представленных на юго-западной окраине щита и единодушно относимых канадскими геологами к архею. Именно эти образования привлекли особое внимание советских исследователей и послужили одной из главных основ при разработке Е. Павловским ставшей популярной идеи о «зеленокаменных ядрах» континентов (Павловский, 1962; Павловский, Марков, 1963).

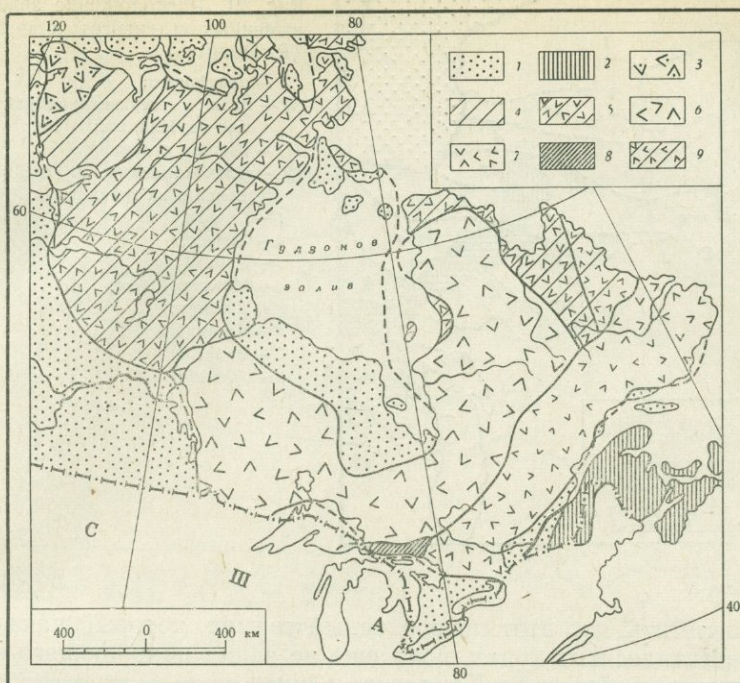


Рис. 20. Геологические районы Канадского щита (по R. Douglas)

1 — платформы; 2 — Аппалачская складчатая область; Канадский щит, провинции: 3 — Найн;
4 — Слэйв; 5 — Черчилл; 6 — Сьюперior (Верхнего озера); 7 — Гренвилл; 8 — Южная; 9 — Медвежья

В составе Канадского щита выделяется семь структурных провинций, отличающихся возрастом, составом и строением докембрийских образований (рис. 20). Наше дальнейшее изложение касается одной из крупнейших провинций — провинции Верхнего озера (Superior Province), причем только ее юго-западной части, расположенной южнее Гудзоновой платформы (синеклизы) и являющейся одновременно крайней юго-западной частью щита в целом.

В строении рассматриваемой части провинции принимают участие два нижнедокембрийских комплекса; третий, развитый в районе оз. Нипигон и относящийся к позднему докембрию, не имеет непосредственного отношения к обсуждающимся проблемам и поэтому практически не затрагивается.

Нижнедокембрийские комплексы резко отличаются друг от друга составом пород и, как мы увидим в дальнейшем, возрастом; уместно при этом сразу же подчеркнуть, что очень сильно они разнятся и по степени изученности. Первый из них — осадочно-вулканогенный — сложен довольно детально изученными в разных участках вулканогенными и осадочными породами, в той или иной степени метаморфизованными. В состав второго комплекса входит очень плохо изученная группа пород гранитоидного состава, которым придается в основном магматическое происхождение; его мы будем называть гранито-гнейсовым.

Породы различного литологического состава обособляются в виде довольно четко выраженных протяженных поясов, получивших собственные наименования (рис. 21). В составе некоторых из них преимущественным развитием пользуются разнообразные вулканыты, большей частью принадлежащие к зеленосланцевой фации регионального метаморфизма; вот они-то и назывались руководителями экскурсии Л. Айресом, А. Бэром и М. Фрэри зеленокаменными поясами (greenstone belts).

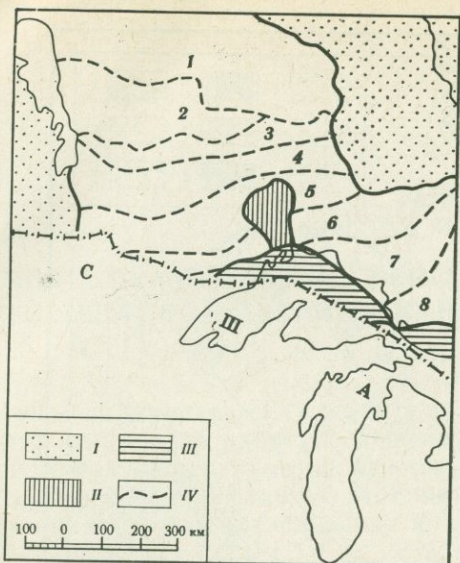


Рис. 21. Расположение зеленокаменных и гнейсовых поясов (R. Douglas)

- I — платформы;
 II — поля верхнедокембрийских лав оз. Нипигон;
 III — Южная провинция;
 IV — зеленокаменные и гнейсовые пояса и их границы:
 1 — Сачиго;
 2 — Беренс;
 3 — Учи;
 4 — Инглиш Ривер;
 5 — Вэбигун;
 6 — Кветико;
 7 — Вава;
 8 — Абитиби

Уместно отметить, что этот превосходный термин, который начали применять в шестидесятых годах, пока еще не занял подходящего ему места в печатных работах по Канадскому щиту.

Осадочно-вулканогенный комплекс

Относительно слабо метаморфизованные породы этого комплекса по занимаемым ими площадям имеют подчиненное значение по сравнению с породами гранито-гнейсового комплекса (рис. 22). Мощность осадочно-вулканогенного комплекса составляет обычно 8—10 км, но местами значительно больше, достигая по свидетельству В. Мурхауза (Mooghouse, 1965), в отдельных прогибах 18 км. Вулканогенные породы распространены значительно шире осадочных, хотя истинные количественные соотношения между ними не установлены. Остаются также неясными контуры области накопления вулканогенных и осадочных пород: так, высказывается предположение, что они могли некогда покрывать всю территорию провинции (Vaer et al., 1972), однако, как будет видно из дальнейшего, представляется более вероятным, что породы эти отлагались в пределах отдельных прогибов эвгеосинклинального и миогеосинклинального типов.

В пределах зеленокаменных поясов — Вава, Вэбигун (Киватин) и Учи (см. рис. 21) наиболее широко развиты вулканы основного состава, получившие название киватинских, которые нам удалось тщательно осмотреть в ряде пунктов. Облик их довольно однообразен. Большею частью это лавы базальтового состава с превосходно выраженным подушечным сложением (рис. 23), реже встречаются пирокластические породы и продукты денудации эффузивов — граувакки и брекчии (рис. 24). Подушечные лавы всегда в той или иной мере метаморфизованы, обладают нематобластовой структурой и местами ясно выраженной реликтовой миндалекаменной текстурой. В составе их много тонковолокнистого актинолита, плагиоклаз в виде лейст и более крупных прямоугольных выделений обычно деанортизирован и замещен тонкозернистым агрегатом слюды, актинолита и глинистых (?) продуктов, нередко встре-

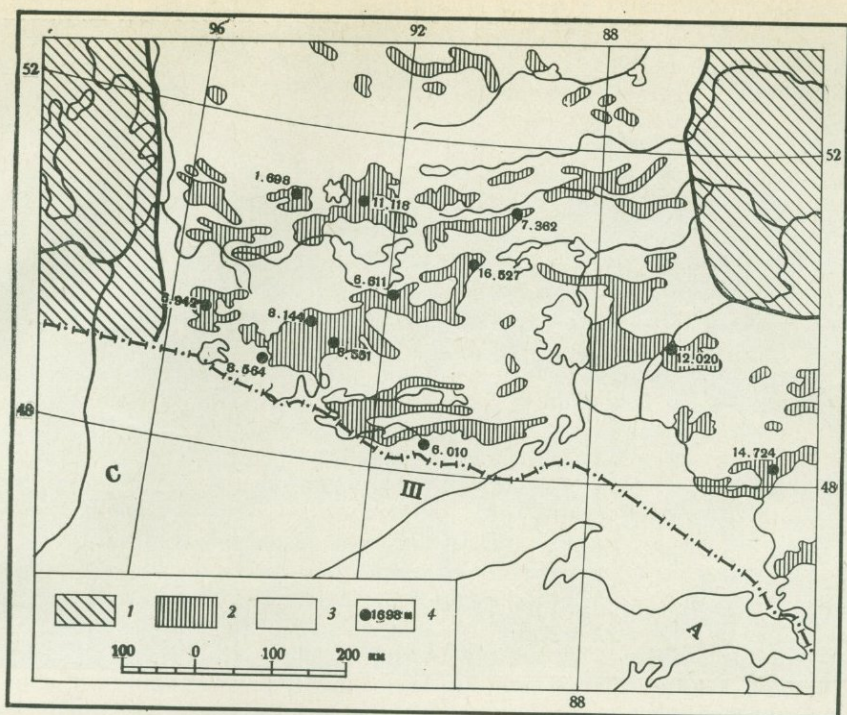


Рис. 22. Распространение пород раннего докембрия (по В. Мурхаузу)

1 — платформы; 2 — осадочно-вулканогенный комплекс; 3 — гранито-гнейсовый комплекс и поздне-тектонические граниты; 4 — установленные мощности вулканических и осадочных пород

чаются хлорит, клиноцизит, эпидот, а также кварц, карбонат и вкрапленность рудных минералов¹.

Кроме граувакк и брекчий, среди основных эффузивов в виде прослоев разной мощности встречаются и другие породы — разнообразные сланцы, в том числе нередко не отличимые по внешнему виду от типичных асидиновых, полосчатые кремнисто-железистые породы (джеспилиты), конгломераты.

Одна из разновидностей серицитовых сланцев в районе г. Вавы представляет собой светло-серую мелкозернистую породу, состоящую в основном из кварца и серицита. Кварц в зернах от 0,01 до 0,1 мм составляет более половины породы, серицит образует маломощные прослои или располагается между зернами кварца; в виде отдельных зерен встречаются серицитизированный плагиоклаз, а также микроклин, составляющие вместе до 5—8% породы, попадаются единичные зерна карбоната.

Большой интерес вызывают осмотренные нами в этом же районе конгломераты Дорé, которые слагают часть осадочно-вулканогенного комплекса. Конгломераты имеют мощность не менее 1200 м и прослеживаются на расстояние до 120 км. Цементом их служат метаморфизованные в зеленосланцевой фации граувакки, а многочисленные крупные гальки и валуны состоят главным образом из плагиогранитов. Примечательны взгляды на генезис этих пород: одни исследователи думают, что валуны и галька образовались за счет вскрытых где-то во время седиментации субвулканических штоков гранитоидов (Goodwin, 1962), другие, принимая во внимание весьма внушительный объем конгломератов,

¹ Выборочное микроскопическое изучение этих и других пород было произведено, по нашей просьбе, Е. Лавренко.

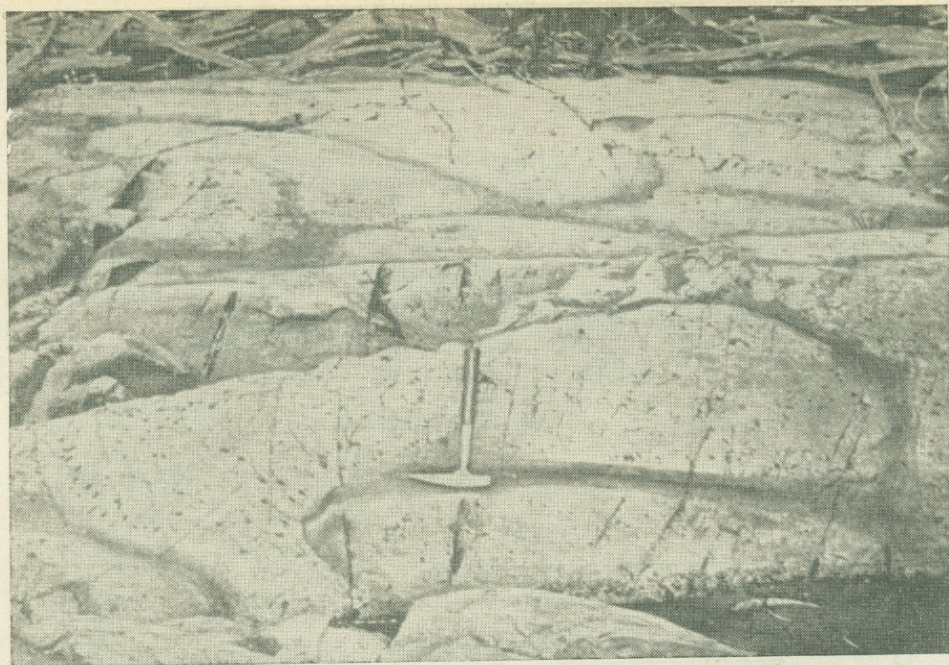


Рис. 23. Киватинские подушечные лавы (фото автора)

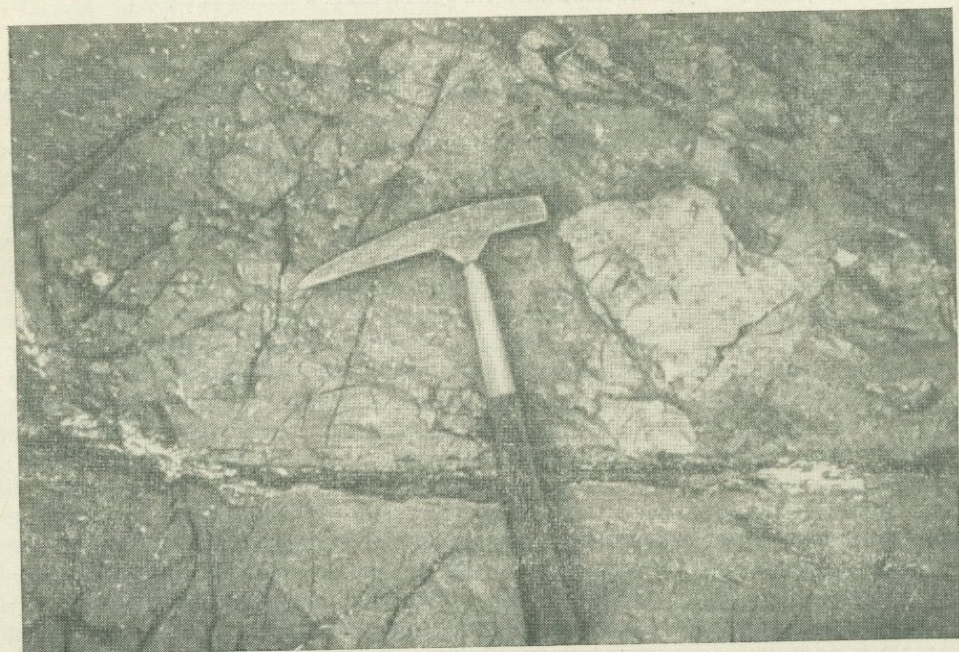


Рис. 24. Киватинские лавовые брекчии (фото автора)

предполагают, что источник сноса расположен в пределах территории, занятой ныне водами Верхнего озера (Вагг et al., 1972).

Полосчатые кремнисто-железистые породы встречаются в виде прослоев мощностью от нескольких метров до нескольких сот метров и нередко прослеживаются по простиранию на десятки километров. Мы знакомимся с ним в обнажениях восточнее оз. Нипигон и в других местах — и всюду они по внешнему виду ничем не отличаются от джеспилитов Кривого Рога и других районов их развития, причем сходство это особенно бросается в глаза при наличии сложно складчатых разностей, прихотливый рисунок которых столь эффективно выглядит в различных поделках. Следует отметить, что слои джеспилитов существенно магнетит-гематитового состава иногда содержат обогащенные железом силикаты и железистые карбонаты.

Кроме основных вулканитов, местами в разрезах существенную роль играют андезиты, тогда как более кислые разности — от дацитов до пород липаритового состава — имеют резко подчиненное значение. Обычная последовательность вулканических извержений — от основных к кислым, среди кислых продуктов особенно широко развиты вулканические брекчии и туфы, обычно образующие, вероятно, стратовулканы на базальтовых вулканах щитового типа. Возможно, что субэральные вулканические постройки из пород кислого состава в ряде зеленокаменных поясов представляют собой остатки древнейших островных дуг (Вагг et al., 1972).

При формировании зеленокаменных поясов отмечается проявление не менее двух полных магматических циклов, начинавшихся подводными излияниями базальтовых лав и заканчивающихся извержением кислых вулканитов.

Среди вулканитов разного состава, в особенности часто среди основных, отмечаются силлы, дайки и тела неправильной формы, сложенные диабазами, габбро-диабазами и габбро, реже — габбро-диоритами и еще более кислыми породами, представляющие собой гипабиссальные интрузии, сформированные близко одновременно с вулканитами.

Кроме того, с вулканитами тесно ассоциируют довольно многочисленные массивы габбро, пироксенитов, перидотитов и дунитов. Ультрабазиты местами неразрывно связаны с габбро и являются их дифференциатами, но в других случаях представляют собой небольшие обособленные тела, обычно нацело серпентинизированные. Структурная позиция большинства этих пород совершенно определенная: они приурочены к крайним частям зеленокаменных поясов и трассируют положение зон глубинных разломов.

Иногда эти разломы находят четкое поверхностное выражение в виде зон смятия с массовым развитием хлорита и карбонатов, мощных милонитов и т. д. Одна из таких зон, отделяющая зеленокаменный пояс Вэбигун от пояса Кветико, в котором развиты преимущественно осадочные и метаморфические породы гранитоидного состава, отчетливо прослеживается на расстоянии около 400 км — от оз. Рэйни на западе почти до оз. Нипигон, где она скрывается под обширным полем верхнедокембрийских лав.

В различной степени метаморфизованные осадочные породы, играющие резко подчиненную роль в зеленокаменных поясах, распространены несравненно более широко в расположенных между ними поясах другого типа, которые можно назвать гнейсовыми — Кветико, Инглиш Ривер и др.

Вдоль границ пояса Кветико в виде длинных узких полос широтного простирания располагаются граувакки, конгломераты, кремнисто-железистые породы и некоторые другие более редко встречающиеся разности, которые нередко относят к осадкам тимискамингского типа (McGlynn, 1970). Они обычно согласно лежат выше киватинских лав, но местами,

например, к востоку от оз. Нипигон, переслаиваются с ними. Следует особо подчеркнуть, что между этими двумя типами пород здесь нигде не отмечается несогласия, которое столь четко выражено восточнее, в районе оз. Тимискаминг.

Во внутренних частях гнейсовых поясов относительно слабо метаморфизованные осадочные породы отличаются значительно большим разнообразием. В сложении мощных терригенных толщ наряду с типичными граувакками, образованными за счет размыва основных вулканитов, местами принимают участие песчаники с большим количеством зерен полевых шпатов, в том числе калиевых, и кварца. С песчаниками разного состава переслаиваются глинистые сланцы и аргиллиты, но нередко они образуют мощные довольно монотонные толщи. Местами терригенные породы разного гранулометрического состава имеют флишеподобный характер (Pettijohn, 1943). Среди песчанисто-глинистых толщ отмечаются, хотя и редко, прослой довольно чистых кварцитов и карбонатных пород. В виде прослоев разной мощности нередко встречаются железистые породы джеспилитового типа, а также вовсе не похожие на них, однако, вне зависимости от их характера, все они обычно называются железистой формацией (*ore formation*). Железистые породы джеспилитового типа часто ассоциируют с черными аспидными сланцами, обогащенными сульфидами.

В высшей степени интересен своеобразный комплекс пород, развитый в районе посещенного нами железорудного месторождения Стип Рок и детально изученный в процессе многолетней эксплуатации этого месторождения (Jolliffe, 1966; Mulder, 1970). Здесь на гранито-гнейсовом комплексе резко несогласно залегает толща конгломератов мощностью около 200 м, галька и валуны которых состоят из подстилающих гранито-гнейсов. На них располагается в виде линзовидных прослоев толща доломитов и отчасти известняков с прослойками кремнистых пород; в карбонатных породах обнаружены органические остатки, возможно относящиеся к строматолитам.

Выше следует трехчленная рудная формация общей мощностью до 300 м. Нижний член этой формации представлен существенно марганцевосными — от массивных до рыхлых — кремнистыми породами очень пестрого минерального состава: в них обнаружены гетит, гематит, пиролюзит, иллит, каолинит, манганит, гиббсит и другие минералы (Mulder, 1970). Выше залегают промышленные гетит-гематитовые руды с прослоями кремней и линзами оолитовых бокситов, а еще выше линзовидные тела пиритизированных глинисто-карбонатных пород.

Разрез завершается трехсотметровой толщей пирокластов с прослоями основных подушечных лав совершенно такого же облака, как и в других пунктах зеленокаменных поясов Вава и Вэбигун.

Отдельного краткого рассмотрения заслуживают конгломераты, осмотренные нами в ходе экскурсии во многих пунктах. Большею частью они представляют собой внутриформационные образования и залегают среди граувакк в виде линзовидных прослоев. Однако некоторые из них образуют индивидуализированные толщи мощностью до 1 км и больше и протягиваются по простиранию на многие десятки километров: типичным примером могут служить упоминавшиеся выше конгломераты Дорé. Грубообломочная фракция таких обычно плохо сортированных конгломератов состоит из гравия, гальки и валунов, образованных за счет размыва пород осадочно-вулканогенного комплекса, но среди обломков находятся также гранитоиды и кварц, количество которых достигает 10% и более общего состава породы (Donaldson, Jackson, 1965). К западу от месторождения Стип Рок в конгломератах бассейна Сейн Ривер нами наблюдались валуны гранитов, в которых отчетливо различаются ксенолиты кристаллосланцев такого же типа, как и слагающие неподалеку гранито-гнейсовый комплекс (рис. 25).

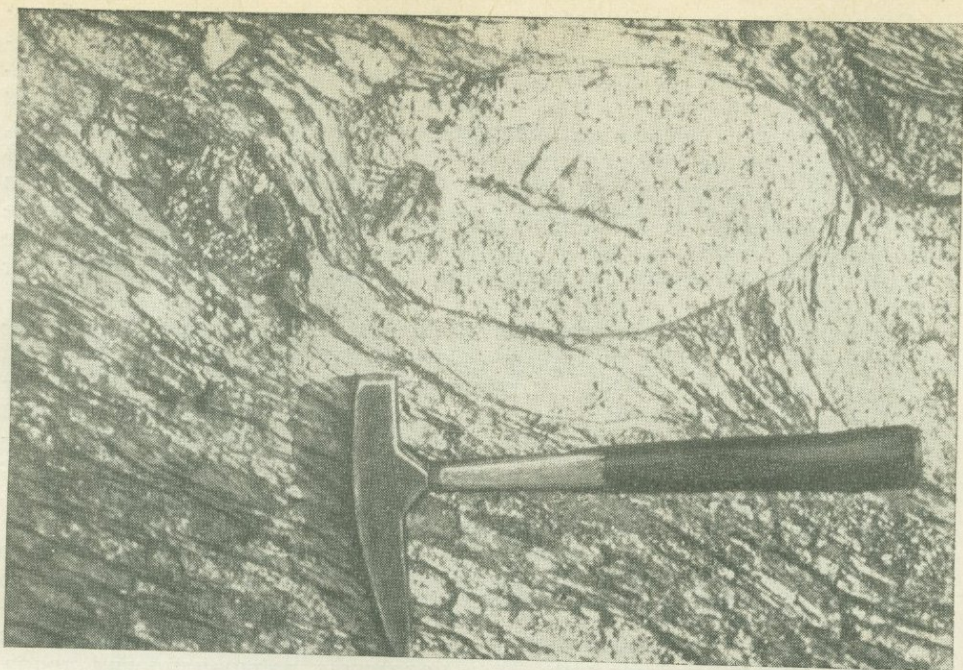


Рис. 25. Гранитный валун в конгломератах с ксенолитами пород субстрата (фото автора)

Особо интересны, однако, базальные конгломераты того типа, которые образуют основание серии Стип Рок и известны также в других регионах (Rousell, 1965): они залегают резко несогласно на гнейсах гранитоидного состава и гранитах и содержат обильную гальку и валуны этих пород.

Обращает на себя внимание резко выраженная неравномерность метаморфизма пород осадочно-вулканогенного комплекса: в большинстве своем они принадлежат к зеленосланцевой, реже филлитовой фации метаморфизма, но нередко отмечаются также эпидот-амфиболитовая и амфиболитовая фации, небольшие участки метаморфизованы в гранулитовой фации. В целом же метаморфизм осадочно-вулканогенного комплекса имеет полифациальный характер.

Гранито-гнейсовый комплекс

Кристаллические породы, играющие главную роль в строении гнейсовых поясов — Кветико и других, изучены несравненно хуже осадочно-вулканогенного комплекса; это несомненно объясняется в первую очередь тем, что в этом последнем комплексе сосредоточены почти все известные месторождения разнообразных полезных ископаемых. Породы гранито-гнейсового комплекса были выделены под названием кучичингских в конце прошлого века А. Лоусоном, который установил, что они подстилают киватинские лавы, но пятьдесят лет спустя Ф. Петтиджен (Pettijohn, 1937) пришел к выводу, что эти два типа пород переслаиваются. В последующем, однако, были получены многочисленные данные, что в районе оз. Нипигон, где особенно широко распространены породы кучичингского типа, они действительно залегают под киватинскими лавами (McGlynn, 1970).

Среди кристаллических образований кучичингского типа наиболее широко развиты, вероятно, биотитовые плагиогнейсы, но достаточно часто встречаются также биотит-роговообманковые гнейсы и кристаллические сланцы, амфиболиты, гранито-гнейсы, мигматиты. Многие из этих пород имеют внешний облик гранитоидов с гнейсовидной текстурой и, что особенно важно подчеркнуть, все они относятся к амфиболитовой фации регионального метаморфизма. Отмечается, однако, что местами породы метаморфизованы в гранулитовой фации. В их составе, кроме плагиоклаза, кварца и биотита, встречается роговая обманка, а также гранат, ставролит, мусковит, микроклин и магнетит, редко — силлиманит и кордиерит.

Особенно типичные образования комплекса — биотитовые плагиогнейсы представляют собой породу массивного или полосчатого сложения, с величиной зерна до 0,5—1 мм, обнаруживающие под микроскопом нематобластовую структуру. Состоят они из среднего плагиоклаза (№ 39—41), слагающего 50—60% породы, ориентированных зерен коричневого биотита (20—30%) и кварца (около 20%). Нередко в породе отмечается гранат — обычно в виде мелких зерен неправильной формы, а также значительно более редкий апатит.

На мелкомасштабных геологических картах породы кучичингского типа объединены с кластическими породами осадочно-вулканогенного комплекса, которые, как об этом говорилось выше, также широко развиты в пределах гнейсовых поясов. Основанием для этого объединения послужили такие наблюдения: 1) в некоторых разновидностях пород, сходных с кучичингскими, обнаружены реликты слоистости и кластической структуры, из чего делается вывод, что породы эти первоначально относились к грауваккам; 2) кучичингские породы местами как будто бы переслаиваются с киватинскими; 3) те и другие породы смяты в складки одинакового простирания — от широтных до юго-западных — и в них обнаруживается сланцеватость такой же ориентировки, что приводит к выводу о согласном их залегании.

Гранито-гнейсы и мигматиты, слагающие значительную часть площади гнейсовых поясов, по мнению многих исследователей, образованы в результате гранитизации и мигматизации пород осадочно-вулканогенного комплекса. Однако данные о соотношении этих пород в пространстве противоречивы: наряду с указаниями о том, что крупные их поля отделены друг от друга разломами, утверждается также, что между ними отмечаются постепенные переходы через зоны увеличивающегося метаморфизма или степени гранитизации.

Нам подобных переходов наблюдать не удалось. Наоборот, во всех случаях, когда в обнажениях вскрыт контакт гранитоидов и пород осадочно-вулканогенного комплекса, он выражен очень резко (рис. 26) и сопровождается лишь появлением в осадочных породах роговиков мощностью до 200—300 м, а проникающие в них жилы гранитоидов, местами очень многочисленные, вовсе не относятся к мигматитовым образованиям.

В то же время среди гранито-гнейсов находятся в различной степени «ассимилированные» породы — главным образом, биотитовые и биотит-роговообманковые гнейсы и кристаллические сланцы. Нам удалось наблюдать разные степени преобразования субстрата — от совсем незначительной, при которой крупные «ксенолиты» сохранили свой состав и все особенности складчатой структуры, порою очень сложной — до образования скиалитов.

Среди разнообразных гнейсов, мигматитов и пород осадочно-вулканогенного комплекса залегают многочисленные тела гранитоидов, которые, по мнению ряда исследователей, образуют крупные штоки и батолиты. Именно с ними связываются метаморфические преобразования вмещающих пород, в том числе явления гранитизации в центральных частях

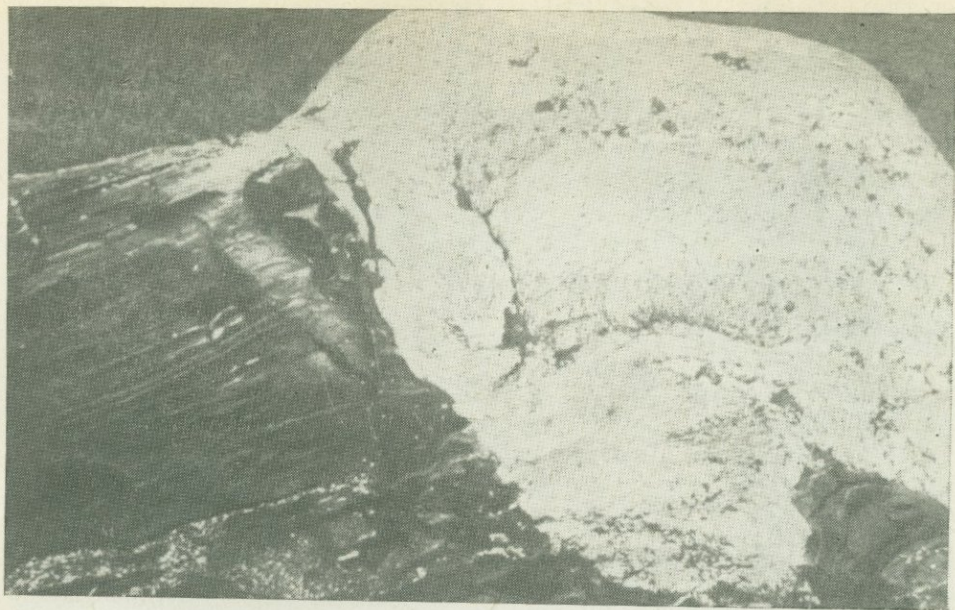


Рис. 26. Контакт гранитов и метаморфизованных пород осадочно-вулканогенного комплекса (фото автора)

гнейсовых поясов и образование мигматитов в контактовых зонах этих массивов.

Гранитоиды подразделяются на две группы: 1) относительно древние гранодиориты, кварцевые монзониты, реже сиениты и граниты, почти всегда более или менее четко гнейсовидные, 2) более молодые (позднетектонические) массивные мусковитовые граниты, сопровождающиеся пегматитами, несущими разнообразную редкометалльную минерализацию. Интересно при этом отметить, что поздне-тектонические граниты выделены на геологической карте Канады масштаба 1 : 5 000 000, опубликованной в 1969 г., тогда как на позднее изданных листах геологической карты штата Онтарио более крупного масштаба (около 1 : 1 000 000) все раннедокембрийские породы гранитоидного состава объединены.

Несомненный интерес представляют имеющиеся немногочисленные данные об абсолютном возрасте некоторых пород. Так, возраст наиболее молодых нижнедокембрийских гранитов, определенный аргоновым методом по слюдам, колеблется в пределах от 2300 до 2600 млн. лет, а в среднем — 2480 млн. лет, который и принят как возраст наиболее древней кеноранской орогении (McGlynn, 1970; Вагг, 1972). В то же время цирконы из некоторых гранитоидных пород комплекса показали возраст 2750 млн. лет (свинцовый метод), а возраст гнейсов кучичингского типа в районе оз. Рэйни, определенный стронциевым методом — 2700 млн. лет (Hart, Davis, 1969).

Тектоника

Тектоника рассматриваемой территории изучена совсем слабо. Осадочные и вулканогенные породы смяты в серию крупных складок преимущественно широтного простирания с довольно плавными ундуляциями шарниров, благодаря чему складки полого погружаются то в восточном, то в западном направлениях. Мощные вулканогенные толщи обычно смяты в более простые складки, однако и в них нередко отмечаются кру-

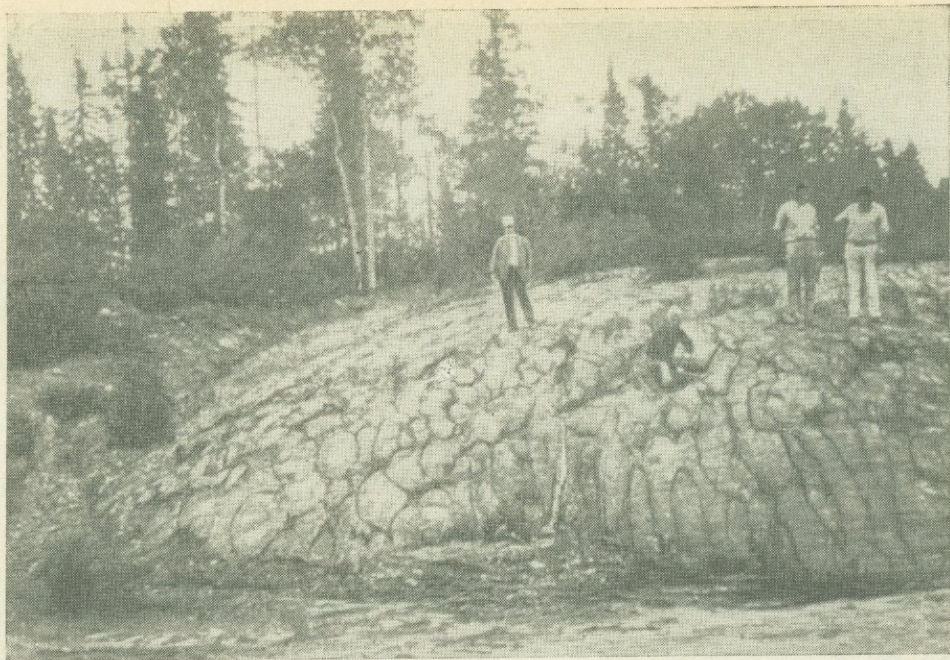


Рис. 27. Вертикальное залегание живатинских подушечных лав (фото автора)

тые залегания, четко фиксирующиеся ориентировкой текстур подушечных лав (рис. 27). Особенно крупные разломы также имеют широтную ориентировку, но некоторые из них простираются в северо-западном и северо-восточном направлениях. Указывается, что наряду с линейными структурами широко распространены структуры криволинейные (*curvilinear structures*), особенно в областях развития гранито-гнейсов (McGlynn, 1970). Действительно, на тектонической карте масштаба 1 : 5 000 000, изданной в 1969 г., ясно видно, что положительные магнитные аномалии, так же как ориентировка слоистости, сланцеватости и гнейсовидности не подчинены какой-то единой системе: хотя субширотные направления, по-видимому, преобладают, довольно обычны также северо-западные и северо-восточные ориентировки структурных элементов, а нередко они имеют четко выраженные округлые очертания.

Заключение

Перейдем теперь к тем выводам, которые можно сделать на основании приведенных выше данных, отделивши по возможности подлинные факты от допущений.

Осадочно-вулканогенный комплекс состоит из набора типично геосинклинальных формаций, среди которых главную роль играют формации спилито-кератофировой группы и терригенные — спилито-диабазовая, диабаз-андезитовая, джеспилитовая спилито-диабазовая, граувакковая, конгломератовая, в меньшей степени — спилито-кератофировая, аспидная и флишоидная.

Вулканогенные формации преимущественно сосредоточены в пределах вытянутых поясов, получивших название зеленокаменных; подобную же преимущественную приуроченность, но уже к гнейсовым поясам обнаруживают терригенные формации. Такое пространственное распо-

ложение формаций свидетельствует в пользу существования в юго-западной части Канадского щита в раннем докембрии обширной геосинклинальной области, состоящей из целого ряда крупных, широко вытянутых, чередующихся прогибов эвгеосинклинального и миогеосинклинального типов. В пределах тех и других находились достаточно обширные и многочисленные участки кристаллического фундамента типа срединных массивов: только существованием таких участков, периодически высоко поднимавшихся над уровнем моря и энергично размываемых, можно объяснить наличие гальки и валунов соответствующих кристаллических пород в очень широко распространенных конгломератах, находящихся на разных стратиграфических уровнях, в том числе в виде базальных образований. Таким образом, рассматриваемую геосинклинальную область, по-видимому, можно отнести к типу глыбовых (Лазько, 1971).

Сложная тектоническая расчлененность геосинклинальной области обусловлена тремя системами глубинных разломов. Одна из них — широтная — выражена наиболее отчетливо: разломы этой системы разграничивают зеленокаменные и гнейсовые пояса, к ним приурочены многочисленные тела диоритов, габбро, норитов, пироксенитов, перидотитов и дунитов, принадлежащих, по-видимому, к двум типичным магматическим формациям зон глубинных разломов — габбро-пироксенит-дунитовой и гипербазитовой (Кузнецов, 1964).

Две другие системы — северо-восточная и северо-западная — принадлежат к глубинным разломам «второго порядка» и обуславливают в целом блоковое строение поясов.

Исключительный интерес представляют взаимоотношения геосинклинальных образований и гранито-гнейсового комплекса, слагающего большую часть рассматриваемой территории. Как уже упоминалось, в составе последнего принимают участие разнообразие породы гранитоидного состава. Большинство канадских геологов считает при этом, что все они сформированы в процессе кеноранской орогении и представляют собой батолиты и продукты их воздействия на породы осадочно-вулканогенного комплекса, которые образуют как бы гигантские «макроксенолиты» в гранитах. Однако такому представлению противоречит массовое нахождение в конгломератах гальки и валунов гнейсов и гранитов, иногда к тому же содержащих ксенолиты биотитовых гнейсов и других пород. Именно этот факт послужил одним из главных оснований для предположений о существовании кристаллического фундамента, на котором отлагались породы осадочно-вулканогенного комплекса. Подобные взгляды, хотя обычно и в очень осторожной форме, были высказаны в последние годы целым рядом канадских геологов (Gross, Ferguson, 1965; Jolliffe, 1966; Goodwin, 1968; McGlynn, 1970) и решительно поддержаны у нас Л. Салопом (1970), который в очень интересной статье на основе анализа новейших опубликованных материалов пришел к выводу о широком развитии на Канадском щите докиватинских гранитоидных образований.

В свете изложенных выше данных вывод этот для рассматриваемой территории выглядит достаточно строго аргументированным. Автору представляется также совершенно справедливым и заключение Л. Салопа о том, что исследователи докембрия Канадского щита причисляют к архею два совершенно различных комплекса, тогда как на самом деле один из них — полифациально метаморфизованный осадочно-вулканогенный комплекс относится к раннему протерозою.

Действительно, историко-геологический анализ показывает, что осадочно-вулканогенный комплекс юго-западной части Канадского щита находит своих полных аналогов среди нижнепротерозойских образований Балтийского, Украинского и Индчйского щитов, знакомых автору к тому же по личным наблюдениям; сходство это касается не только

всех главных, но и второстепенных особенностей седиментации, магматизма, метаморфизма и тектоники (Лазько, 1966, 1971).

Остается неясным вопрос о синхронности всех этих образований, поскольку данные об абсолютном их возрасте довольно разноречивы и интерпретируются по-разному, а принятые в разных странах геохронологические рубежи между основными подразделениями раннего докембрия часто не совпадают. Так, например, кеноранская орогенция, которая относится всеми канадскими геологами к архею, при использовании принятой у нас геохронологической шкалы может быть отнесена к раннему протерозою. Следует, впрочем, подчеркнуть, что строгая синхронность всех этих весьма сходных нижнедокембрийских образований в далеко отстоящих друг от друга регионах вовсе не обязательна, поскольку разные участки земной коры в ходе ее эволюционно-революционных преобразований могут находиться на разных стадиях развития (Хаин, 1964).

Отнесение осадочно-вулканогенного комплекса к раннему протерозою, казалось бы, не оставляет выбора при определении возраста той части пород гранито-гнейсового комплекса, которые дали начало грубообломочной фракции конгломератов: они должны быть отнесены к архею. Именно к такому выводу и приходит в упоминавшейся выше статье Л. Салоп, который считает, что докиватинский гранито-гнейсовый комплекс вместе с пронизывающими его «огромными телами гранитоидов» относится к архею и что абсолютный их возраст, как и сходных образований на других континентах — более 3500 млн. лет, причем именно эта цифра предлагается в качестве нового возрастного рубежа между археем и протерозоем (Салоп, 1970).

Однако применительно к рассматриваемой территории вывод этот далеко не бесспорен. Оставляя в стороне вопрос о необходимости пересмотра возрастного рубежа между археем и протерозоем, для окончательного решения которого данных, по-видимому, пока еще недостаточно, остановимся на обосновании возможного возраста гранито-гнейсового комплекса.

Как уже упоминалось, среди кристаллических образований гнейсовых поясов широко распространены биотитовые плагиогнейсы, а также биотит-роговообманковые гнейсы и кристаллические сланцы. Подобная парагенетическая ассоциация пород образует отдельную суперкрупную формацию, особенно характерную для станового комплекса и его возрастных аналогов, которые мы относим к эозойской группе (Лазько и др., 1972). Для всех известных областей развития этой формации типичны ее принадлежность к амфиболитовой фации регионального метаморфизма и широкое проявление ультраметаморфизма, т. е. тех главных особенностей метаморфических преобразований, которые присущи и гранито-гнейсовому комплексу рассматриваемого региона.

Вместе с тем здесь не обнаружено никаких признаков очень своеобразных архейских формаций, метаморфизованных в гранулитовой фации регионального метаморфизма и слагающих кристаллические массивы и отдельные мелкие глыбы в пределах всех крупнейших щитов Евразии (Лазько, 1966, 1971). Следует при этом подчеркнуть, что минеральные ассоциации гранулитовой фации, обнаруженные в пределах узко локализованных участков, главным образом в осадочно-вулканогенном комплексе, не могут, конечно, рассматриваться в качестве архейских глыб. В то же время крупные глыбы пород гранулитовой фации, располагающиеся среди гранито-гнейсов такого же типа, как в рассматриваемом регионе, известны на северо-западной и северо-восточной окраинах провинции, где они выделяются под наименованием гранулитового комплекса (McGynn, 1970; Вагг, 1972); принадлежность этих пород к архею наиболее вероятна.

Таким образом, в сложении комплекса основания Канадского щита, вероятно, принимают участие две возрастные группы суперкрупных

формаций — эозойская и архейская, причем в рассматриваемом районе можно предполагать наличие только первой из них.

Кроме суперкрустальных пород в составе гранито-гнейсового комплекса богато представлены разнообразные ультраметаморфические образования, в том числе метасоматические граниты. В ряде осмотренных нами обнажений соотношения субстрата и сформированных по ним гранитоидов не оставляет сомнений в развитии типичных явлений гранитизации; о достаточно широком проявлении этого процесса начинают говорить и некоторые канадские геологи (McGlynn, 1970). В связи с гранитизацией находится, по-видимому, широко распространенный процесс реоморфизма пород гранито-гнейсового комплекса, приведший к формированию многочисленных гнейсовых куполов, — однако обсуждение этих процессов выходит за рамки задач настоящей статьи.

Литература

- Вилсон М. Е. Докембрий Канады (Канадский щит). — В кн.: Докембрий Канады, Гренландии, Британских островов и Шпицбергена. Изд-во «Мир», 1968.
- Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. Изд-во «Недра», 1964.
- Лазько Е. М. О нижнем докембрии южной части Индийской платформы. — Сов. геология, 1966, № 11.
- Лазько Е. М. Основы региональной геологии СССР, т. III. Изд-во «Недра», 1971.
- Лазько Е. М., Кирилюк В. П., Лысак А. М., Сиворонов А. А., Яценко Г. М. Формационные особенности и возрастное расчленение высокометаморфизованного нижнего докембрия. В кн.: Геология докембрия. Изд-во «Наука», 1972. (Межд. геол. конгр. XXIV сессия. Докл. сов. геологов. Проблема 1).
- Павловский Е. В. О специфике стиля тектонического развития земной коры в раннем докембрии. — Труды Вост.-Сиб. геол. ин-та СО АН СССР, серия геол., 1962, вып. 5.
- Павловский Е. В., Марков М. С. Некоторые общие вопросы геотектоники (о необратимости развития земной коры). — Труды ГИН АН СССР, 1963, вып. 93.
- Ранкама К. Предисловие редактора. — В кн.: Докембрий Канады, Гренландии, Британских островов и Шпицбергена. Изд-во «Мир», 1968.
- Салон Л. И. Пересмотр геохронологической шкалы докембрия. Статья вторая. — Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1970, 45, вып. 5.
- Хашин В. Е. Направленность, цикличность и неравномерность развития земной коры. — В кн.: Строение и развитие земной коры. Изд-во «Наука», 1964.
- Baer A. J., Frarey M. J., Ayres L. D. The geology of the Canadian shield between Winnipeg and Montreal. — Intern. geol. congr. XXIV session. Field Excursion A-35; C-35, Guidebook. Calgary, 1972.
- Donaldson J. A., Jackson G. P. Archean sedimentary rocks of North Spirit Lake area, north-western Ontario. — Canad. J. Earth Sci., 1965, 2, N 6.
- Goodwin A. M. Structure, stratigraphy and origin iron formations Michipicoten area, Algoma district, Ontario, Canada. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1962, 73, N 5.
- Goodwin A. M. Evolution of the Canadian shield. — Geol. Assoc. Canad., proceed., 1968, 19.
- Gross W. H., Ferguson S. A. The anatomy of Archean greenstone belts. — Canad. Min. Metallurg Bull., 1965, 58, N 641.
- Hart S. R., Davis G. L. Zircon U-Pb and whole rock Rb-Sr ages and early crustal development near Rainy Lake, Ontario. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1969, 80, N 6.
- Jolliffe A. W. Stratigraphy of the Steeprock Group, Steep Rock Lake, Ontario. — Geol. Assoc. Canad., Precamb. Symp., 1966, Sp. pap., N 3.
- McGlynn J. C. Superior Province. — Geology and Economic Minerals of Canada. Geol. Surv. — Canad., Econ. geol. rep., 1970, N 1.
- Moorhouse W. W. Stratigraphic position of sulphides in the Archean. Trans. Canad. Inst. Min. Met., 1965, 58.
- Mulder D. C. Ore controls and open pit geological procedures at Steep Rock Iron Mines, Limited. Thunder Bay, Ontario, 1970.
- Pettijohn F. J. Early Precambrian geology and correlation problems of the Northern sub-province of the Lake Superior region. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1937, 48, N 2.
- Pettijohn F. J. Archean sedimentation. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1943, 54, N 8.
- Russell D. H. Geology of the Cross Lake area. — Provin. Manitoba Dept. Mines Natl. Res. Publ. 62-4, 1965.

А. В. Пейве

УРАЛ И АППАЛАЧИ — СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Летом 1972 г. я имел возможность выполнить ряд геологических маршрутов в Северных Аппалачах сначала на территории США к северу от Вашингтона, затем во время Международного геологического конгресса на территории Канады от Монреаля до Ньюфаундленда. Маршруты в США выполнялись под руководством лучшего знатока геологии Аппалачей Дж. Роджерса, а в Канаде, кроме Роджерса, экскурсиями руководили канадские ученые В. Пул и Р. Сан-Жульен.

На Североамериканском континенте меня прежде всего интересовали проблемы геологии офиолитовых поясов и их сравнение с другими офиолитовыми поясами мира. С этой целью был выполнен ряд маршрутов также в офиолитовом поясе Калифорнии под руководством Э. Бейли, Дж. Кроувелла, К. Нелсона, В. Эрнста, К. Холсона и Дж. Локвуда.

Урал и Аппалачи во многом сходны. Они одинаково расположены по отношению к древним платформам, разделены огромными глубинными разломами на две части: западную — миогеосинклинальную и восточную — эвгеосинклинальную, имеют сходную внутреннюю структуру и геологическое развитие. Но в некоторых отношениях эти складчатые сооружения заметно отличаются.

В рамках одной статьи, разумеется, невозможно дать исчерпывающее сравнение этих складчатых сооружений. Здесь я рассмотрю лишь некоторые черты строения и развития эвгеосинклинальных зон Северных Аппалачей и Урала, которые все еще остаются в отличие от миогеосинклинальных зон, менее изученными.

Аппалачские экскурсии Международного геологического конгресса в Канаде были посвящены ознакомлению с новейшими данными по структуре эвгеосинклинальной части Аппалачей.

Фундамент эвгеосинклиналей Урала и Аппалачей

Многие предполагают, что в основании эвгеосинклиналей лежит метаморфический гранито-гнейсовый фундамент ранних циклов развития земной коры, погруженный на большую глубину. В палеозойских эвгеосинклиналях этот фундамент является, как считают, непосредственным продолжением докембрийского кристаллического фундамента смежных с эвгеосинклиналями континентальных блоков земной коры. В мезозойских же эвгеосинклиналях фундаментом могут служить, согласно этой концепции, структуры палеозойского цикла развития.

В настоящее время, однако, появилось много данных, показывающих, что, когда в результате тектонических процессов в складчатых зонах, возникших в эвгеосинклиналях, выведены на поверхность наиболее древние глубинные горизонты земной коры, они представлены не гранито-гнейсами или иными кислыми породами, а ультраосновными и основ-

ными метаморфизованными породами. Более того, оказалось, что в складчатых зонах разного возраста сходны не только отдельные члены этой офиолитовой ассоциации горных пород, лежащей в основании разрезов эвгеосинклиналей, но и сходна определенная последовательность пород в разрезах от гипербазитов внизу до метаморфизованных базальтов и пелагических или иных морских отложений вверх. Многие ученые в разных странах независимо друг от друга недавно пришли к заключению, что эти разрезы в эвгеосинклиналях представляют собой кору океанического типа геологического прошлого.

Пожалуй, нигде в мире так широко не распространены гипербазиты и ассоциирующиеся с ними габброиды, габбро-амфиболиты и амфиболиты, как на Урале. И в этом отношении Урал заметно отличается от Аппалачей, где меланократовый фундамент был погружен на значительную глубину, залегая под мощнейшими сериями граувакк и частично вулканитов нижнего палеозоя.

На Урале особенно полные разрезы, отдельные члены которых по простиранию непрерывно прослеживаются на несколько сот километров, описаны на Полярном Урале (Пейве и др., 1972; Буртман и др., 1973). Здесь в основании круто падающей к востоку тектонической пластины лежит слой гипербазитов 10—15 км мощностью, сложенный дунитами и гарцбургитами. Разрез гипербазитовой пластины венчается мощным (до 1 км) горизонтом линзовидно переслаивающихся дунитов, клинопироксенитов, верлитов, троктолитов и фореленштейнов. Предполагается, что эти породы образовались по дунитам и гарцбургитам в результате процессов высокотемпературного метасоматоза, сопровождавшегося привнесом кальция и алюминия.

Стратиграфически выше располагается сложно дислоцированная ассоциация габброидов, габбро-амфиболитов и амфиболитов. Мощность этого комплекса 5—7 км. В состав комплекса входят амфиболитизированные метасоматические апогипербазитовые габбро, ортомагматические габброиды и амфиболиты, в которых обнаруживаются реликты вулканогенных основных пород. Последние слагают верхи разреза этой ассоциации.

Восточнее и структурно выше габбро-амфиболитового комплекса почти непрерывно тянется полоса тоналитов и плагиогранитов, которые в значительной части, по-видимому, образовались метасоматически за счет габбро-амфиболитов, реликты которых наблюдаются среди названных гранитоидов. Комплекс меланократовых пород и плагиогранитов на Полярном Урале трансгрессивно перекрыт эффузивно-осадочными отложениями среднего девона, однако в южных районах Урала обломки меланократовых пород были найдены на разных стратиграфических уровнях начиная с низов ордовика. Радиометрические определения возраста тоналитов и плагиогранитов, которые явно моложе габбро-амфиболитов, дали 430—440 млн. лет, а новообразованные флогопиты и роговая обманка в гипербазитах дают цифры от 402 до 420 млн. лет.

Стратиграфический разрез меланократового комплекса на Полярном Урале удивительно выдержан и прослеживается по простиранию на несколько сот километров в единой мощной пластине, тектонически ограниченной с запада разломом и круто падающей на восток под эвгеосинклинальные серии палеозоя. Ее положение в основании эвгеосинклинального разреза Урала определяется не только по стратиграфо-тектоническим соотношениям, но и по геофизическим данным.

На Южном Урале в Сакмарском пакете шарьяжей стратиграфическая последовательность пород меланократового фундамента такая же, как и на Полярном Урале, но разрез здесь менее полный. Разрез начинается серпентинизированными гарцбургитами и дунитами, которые вверх сменяются метасоматическими габброидами, затем амфиболитами и заканчивается зеленокаменно измененными диабазами.

Современный облик меланократового океанического фундамента уральской эвгеосинклинали был сформирован в течение длительного времени в связи с разнообразными и сложными метасоматическими, метаморфическими и магматическими процессами, однако в ордовикских, силурийских и девонских конгломератах и олистостромах найдены практически все породы меланократового фундамента в том виде, в каком мы их наблюдаем ныне в сплошных разрезах. Более того известные стратиграфические контакты среднедевонских отложений с плагиогранитами. Следовательно, сложные многофазные преобразования пород фундамента океанической коры произошли по крайней мере до образования силурийских океанических базальтов и кремнистых пород.

В Аппалачах, как и на Урале, нигде не найдено нормальных стратиграфических соотношений офиолитовой ассоциации горных пород с сиалическим докембрийским фундаментом. Всюду эти соотношения тектонические. В Аппалачах, как и на Урале, сиалический фундамент выступает лишь в миогеосинклинальной части складчатой системы и стратиграфически покрывается здесь типичными миогеосинклинальными формациями палеозоя, начиная с кембрия. В эвгеосинклинальной же зоне Аппалачей, как и на Урале, самой древней частью стратиграфического разреза являются офиолиты, ограниченные снизу тектонической поверхностью.

Наиболее полные разрезы в Северных Аппалачах изучены на Ньюфаундленде (Jullien, 1972; Neale, 1972; Poole, Rodgers, 1972). Здесь в основании самой верхней тектонической пластины лежит серпентинитовый меланж. Выше располагается толща от 4 до 6,5 км мощности дунитов и частично перидотитов, заканчивающаяся вверху зоной чередования дунитов с клинопироксенитами и полевошпатовыми перидотитами. Дуниты вверх переходят в троктолиты, с которых начинается довольно пестрый разрез габброидов мощностью около 2 км. Толща габброидов представлена полосчатыми габбро, оливиновыми габбро, анортозитовыми габбро, анортозитами и клинопироксенитами. Верхняя часть габброидов сложена массивными крупнозернистыми битовнитовыми габбро. С зоной габбро ассоциируются магматические тела диоритов и кварцевых диоритов. Завершается разрез офиолитовой ассоциации горных пород Ньюфаундленда свитой, почти нацело состоящей из диабазовых даек и брекчий, перекрытых шаровыми лавами толеитового состава. Канадские геологи (Poole, Rodgers, 1972) указывают случаи несогласного стратиграфического налегания основных вулканитов на более деформированный комплекс габброидов, но мне этих интересных разрезов видеть не пришлось. Во многих местах, однако, было видно, что зеленокаменно измененные вулканиты лежат в основании граувакк и флишоидных серий, содержащих фауну нижнего ордовика. В ордовикских граувакках и олистостромах имеются продукты размыва нижележащих офиолитов, поэтому возраст последних не моложе низов ордовика. Описанный разрез офиолитовой ассоциации горных пород Ньюфаундленда демонстрировался делегатом Международного геологического конгресса в качестве типичного для нижнепалеозойской океанической коры Северных Аппалачей. Ультрабазиты, естественно, канадские геологи считают породами мантии, габброиды — базальтовым слоем, а толеитовые базальты — вторым слоем древнего Атлантического океана. Хотя в более южных районах Аппалачей, на территории США, в метаморфической зоне Пидмонта, обнаженность такая же плохая, как и на Среднем Урале, и где поэтому трудно без больших работ установить взаимоотношения между отдельными комплексами горных пород, все же можно в соответствии с новыми представлениями хорошо увязать между собою наблюдения по отдельным разрозненным обнажениям.

Офиолитовый комплекс, который показал мне Дж. Роджерс в районе г. Балтимора, как и на севере Аппалачей, представлен достаточно пол-

ным разрезом ультрабазитов, габброидов и зеленокаменно измененных основных вулканитов, местами метаморфизованных в амфиболитовой фации. Он залегает, по-видимому, аллохтонно на кристаллических сланцах и мраморах, в верхней части которых имеется горизонт метаморфизованной и рассланцованной олистостромы с крупными глыбами ультрабазитов, габброидов, амфиболитов и других пород. Глыбовый горизонт предположительно относится к среднему ордовику, а нижележащие кристаллические сланцы, подстилаемые балтиморскими гнейсами, представляют остальную часть нижнепалеозойского разреза. Радиометрический возраст балтиморских гнейсов 1100 млн. лет, а габброидов, тектонически лежащих на глыбовом горизонте предполагаемого среднего ордовика, — 550 млн. лет. Следовательно, в Пидмонте мы видим глубоко метаморфизованный миогеосинклинальный разрез нижнего палеозоя с докембрийскими балтиморскими гнейсами и гранитоидами в основании, на который надвинута океаническая кора эвгеосинклинальных Аппалачей.

Структурное положение тектонических пластин океанической коры на Урале и в Аппалачах одинаково, и там и здесь они находятся в аллохтонном залегании и занимают самое верхнее положение в системе пакетов шарьяжей, надвинутых на запад и перекрывающих на многие десятки километров миогеосинклинальные структуры. В частности, аллохтонные массы сложного пакета шарьяжей Хамбер Арм на Ньюфаундленде тектонически перемещены на запад через докембрийскую кристаллическую зону Ньюфаундленда, ныне выступающую в виде хр. Лонг-Рейндж совершенно так же, как Кракинские и Сакмарские шарьяжи из эвгеосинклинальной зоны Урала перемещены на запад через кристаллическую зону, выступающую ныне в виде хр. Уралтау.

Океаническая стадия развития земной коры на Урале и в Аппалачах

Развитие сходной в морфологическом отношении структуры Урала и Аппалачей происходило в разное геологическое время, но последовательность геологических процессов, стадии развития структуры земной коры, там и здесь удивительно сходны.

Выше комплекса габброидов на Урале и в Аппалачах лежат вулканиты толейтового ряда. В Аппалачах они имеют нижнеордовикский, а на Урале в Тагильской фациальной зоне — ордовикский, в Магнитогорской — нижнесилурийский возраст. Однако стратиграфические соотношения вулканитов и габброидов и на Урале и в Аппалачах еще не совсем ясны. Обломки ультрабазитов, габбро и амфиболитов найдены в том и другом случае уже в нижнем ордовике, следовательно, офиолиты могут быть кембрийскими или более древними, что весьма вероятно. Но в таком случае надо объяснить почему и на Урале, и в Аппалачах между габброидами и основными вулканитами в эвгеосинклинальной зоне существует большой перерыв. Можно предполагать, что это связано с деформациями океанической коры, с надвиганием или, наоборот, раздвиганием ее тонких плит, в результате чего могут обнажаться древние меланократовые толщи коры, на которые в таком случае с перерывом и несогласно будут налегать базальты или иные океанические осадки следующего тектонического цикла. Широко распространилась, однако, другая гипотеза, лежащая в основе глобальной тектоники плит, согласно которой новые участки океанической коры образуются в процессе «спрединга» океанического дна и что изливания океанических базальтов более или менее одновременны формированию ультрабазитов и габброидов рифтовых зон. Но такое объяснение по мере дальнейшего изучения геологии базальтового слоя складчатых сооружений, возникших на коре океанического

типа, кажется слишком упрощенным и вызывает все больше и больше сомнений. Становится ясным, что базальтовый слой земной коры, так же как и гранитный, имеет длительную и очень сложную геологическую историю, что он может состоять из основных меланократовых пород нескольких тектонических циклов и что океаническая кора современных океанов тоже может состоять из блоков, переживших один или несколько циклов диастрофизма, что вполне естественно, так как трудно предполагать, чтобы глобальные диастрофизмы, охватывая все континенты, не распространялись бы на океаны геологического прошлого, где они могли протекать в специфических условиях тонкой безгранитной еще, океанической коры. В океанической коре Уральской эвгеосинклинали помимо силурийских океанических базальтов среди меланократовых пород фундамента эвгеосинклинали имеются и более древние глубоко метаморфизованные базальты неизвестного возраста. Такая же картина наблюдается в Калифорнии, на Камчатке и в других офиолитовых поясах мира. Драгирование в океанах вряд ли может вызвать сомнение в том, что там имеется по крайней мере две, резко различные по возрасту серии базальтов: 1) метаморфизованные и сильно дислоцированные базальты неизвестного возраста, входящие в третий слой и 2) совершенно неизменные базальты второго слоя океанов. Эти данные, конечно, не противоречат мобилистическим представлениям, но они не совместимы с упрощенными вариантами глобальной тектоники.

Стратиграфически выше океанических толеитовых базальтов и спилитов или фациально их замещаая на Урале и в Аппалачах, находятся толщи, также океанических отложений, представленных в некоторых фациальных зонах глубокоководными осадками. Из них на Урале примечательны черные слоистые кремни сакмарской свиты. По своим петрографическим особенностям и по характеру тектоники они до мельчайших деталей сходны с кремнями, развитыми на Ньюфаундленде, но возраст их резко различен. На Урале в некоторых разрезах черные кремни (фтаниты) охватывают время от среднего ландовери до нижнего лудлоу, а в северных Аппалачах это арениг — низы карадока. Наиболее ясно выраженный океанический и глубокоководный характер имеют ордовикские отложения вулканической области Нотр Дам на Ньюфаундленде, которые по характеру формаций и по тектонике более всего сходны с силурийскими отложениями Магнитогорской и отчасти Сакмарской зон Урала. В других же структурно-фациальных зонах эвгеосинклинальных Аппалачей вулканические толщи нижнего палеозоя отступают на второй план и буквально теряются среди граувакк, флишоидных серий и настоящих турбидитных формаций, особенно широко развитых в среднем и верхнем ордовике. Вероятно, было бы правильнее отложения среднего и верхнего ордовика Северных Аппалачей относить уже к следующему, переходному этапу развития земной коры потому, что в это время уже началось тектоническое скупивание масс в процессе таконского шарьяжеобразования и складчатости, чем объясняется развитие в этих отложениях олистостром. Но латерально граувакки, по-видимому, сменяются настоящими толеитовыми базальтами, поэтому их можно рассматривать и как образования океанической стадии. Кроме того, ярко выраженный андезит-дацитовый вулканизм в Аппалачах, столь характерный для переходной стадии, начинается с силура и не проявляется еще в среднем и верхнем ордовике.

Громадное развитие в Аппалачах граувакк и флишоидных серий резко отличает океаническую стадию развития Аппалачей от этой же стадии на Урале, где главную роль играют вулканические породы и кремнистые осадки. Эта особенность нижнепалеозойских формаций бросается в глаза не только на территории канадских Аппалачей, но и при пересечении их в более южных районах, в США, на территории Пенсильвании. Такой характер формаций нижнего палеозоя указывает, что мор-

ской эвгеосинклинальный бассейн Аппалачей, хотя и был достаточно обширным, так как в нем имелась не одна, а несколько сильно тектонически сближенных фациальных зон, но он представлял собой окраину древнего палеозойского океана, в котором существовали условия для привноса терригенного материала, вероятно, вдоль подводных каньонов, со стороны континента.

Установлено, что во время накопления ордовикских турбидитов океаническое дно подвергалось интенсивным деформациям, в частности шарьяжам тонких пластин океанической коры, возникал, по-видимому, быстро нивелирующийся подводный рельеф, в результате чего в осадки бассейна поступал иногда в значительных количествах материал меланократового фундамента океанической коры и переотлагались также ранее образованные осадки. Без этого было бы трудно объяснить происхождение громадных толщ олистостром (дикого флиша).

На о-ве Ньюфаундленд, п-ове Гаспе и в районе Квебека делегатам Конгресса были показаны отличные разрезы ордовикских олистостром или дикого флиша, который многие американские и европейские геологи называют «меланжем». На Урале в связи с развитием шарьяжей океанической коры широко развит серпентинитовый меланж, который имеет тектоническое происхождение и по своей природе отличается от дикого флиша. В Аппалачах серпентинитовый меланж развит в немногих местах.

Дикий флиш в складчатых областях обычно сильно смят и тектонически подстилает надвинутые на него шарьяжные пластины, за счет размыва которых он возникает. Такую же тектоническую позицию занимает дикий флиш Аппалачей, поэтому он является признаком надвигания (ubdaction), а не поддвигания (subdaction), плит океанической коры в так называемых зонах Беньюфа. В Аппалачах и на Урале мы действительно видим надвинутые (ubdaction) в одном и том же западном направлении смятые плиты океанической коры. Очевидно, сходным образом надо понимать тектоническую позицию францисканской флишоидной формации, в сложении которой, как я мог убедиться во время геологических маршрутов в Калифорнии, большую роль играют чрезвычайно перемятые олистостромы с гигантскими олистолитами ультрабазитов, габбро, базальтов и красных радиоларитов. Я несколько подробнее остановился на проблеме меланжа, так как его природа и тектоническая позиция трактуется различно. Очевидно, при дальнейшем изучении разных по происхождению образований типа меланжа, всегда возникающих в процессе развития шарьяжей, требуется также уточнение терминологии.

Шарьяжи, развивающиеся в океаническую стадию развития геосинклинального процесса, имеют свои специфические особенности, вероятно, обусловленные свойствами серпентинизирующихся мантийных ультрабазитов океанической коры, всегда участвующих в шарьяжах. Возможно, серпентинизация вызывает тектоническое расслаивание коры, облегчающее тектоническое перемещение ее тонких плит. Серпентинизированные ультрабазиты играют большую роль и в более поздние стадии развития земной коры, вплоть до неотектонических движений. Серпентинитовые протрузии и серпентинитовый меланж поднимаются в верхние структурные этажи в каждую тектоническую фазу. Имеются доказательства того, что некоторые типы неглубоких землетрясений, столь обычных в зонах разломов офиолитовых поясов на континентах и в океанах, в частности в срединноокеанических хребтах, связаны с движением серпентинитовых протрузий. Разумеется, этим механизмом объясняются далеко не все землетрясения.

Океаническая стадия развития эвгеосинклинали на Урале закончилась в нижнем девоне, а в Аппалачах — в верхнем или даже среднем ордовике. На Урале в среднем девоне происходили большие деформации океанической коры и формировались значительные массы олистостром. Отложение типичных океанических осадков здесь происходило в нижнем

силуре, хотя в разных структурно-фациальных зонах процесс шел по-разному. В Аппалачах наиболее типичный океанический характер имеют отложения нижней половины ордовика.

Переходная стадия развития земной коры на Урале и в Аппалачах

В результате нижнепалеозойской эволюции океанической коры, после таконских (ордовикских) движений в Аппалачах и после акадских (девонских) тектонических движений на Урале — структура и состав земной коры эвгеосинклинали заметно изменились. В составе коры появились большие массы кислых и средних продуктов осадочной и магматической дифференциации; возникли первые зоны гранитизации в виде диоритов и плагиогранитов; кора в результате отложения вулканических и осадочных толщ и их тектонического скучивания стала намного толще; изменился весь дальнейший процесс магматической деятельности, осадконакопления и структурообразования; стал другим облик металлогении. Этот новый этап развития земной коры мы называем переходным потому, что он действительно является промежуточным в становлении «гранитного» слоя на месте бывших пространств безграничной океанической коры. В Аппалачах переходная стадия охватывает время от начала силура до среднего девона, а на Урале, несколько изменяясь в разных зонах, от среднего девона до нижнего карбона. В западной части уральской эвгеосинклинали (в Тагильской зоне) переходная стадия, вероятно, началась раньше, продолжалась дольше и охватывала время от середины силура до среднего карбона. Здесь верхи силура и нижний девон представлены сложно построенным комплексом, включающим андезиты, андезито-дациты, их туфы, граувакки и мощные тела рифовых известняков. В целом силурийские и девонские толщи здесь отличаются большой фациальной пестротой, локальными перерывами, появлением местами наземных отложений. В Сакмарской зоне, находящейся, как отмечалось выше в аллохтонном залегании, но первично располагавшейся восточнее Тагильской зоны, такой комплекс пород появляется позже, а на востоке Магнитогорской зоны еще позже, где он начинается с отложений среднего девона. В этих зонах широким развитием в верхнем девоне и нижнем карбоне пользуются граувакки зилаирского типа, которые распространяются на запад из эвгеосинклинали в область миогеосинклинали западного склона Урала с континентальной корой. В этом отношении здесь картина вполне сходна с той, какую можно было видеть для ордовикско-силурийских граувакк, например зоны Долин и Кряжей к западу от Голубых гор. В Северных Аппалачах переходная стадия развития земной коры хорошо обособляется и характеризуется по сравнению с Уралом, еще более пестрым набором геологических формаций, резко отделившихся от отложений океанической стадии угловым несогласием. Палеогеографическая обстановка в Аппалачах во время переходной стадии отличается от палеогеографической обстановки на Урале, пожалуй, большей континентальностью осадков, более резким рельефом, наличием в составе отложений большого количества наземных осадочных и вулканических формаций и большим количеством грубообломочных толщ. В Аппалачах несомненно существовали в морском эвгеосинклинальном бассейне гирлянды вулканических островов с быстро меняющимся рельефом. Исключительно хорошие разрезы силурийских и более молодых отложений делегатам конгресса были показаны по берегу океана в Новой Шотландии, Нью-Брансуике, на п-ове Гаспе, а также на о-ове Ньюфаундленд.

Силур от ландоверийского до лудловского яруса представлен порфирами, базальтами, фельзитами, чередующимися с туфами, вулканическими грубообломочными неслоистыми толщами пород типа отложений

лохар. Среди вулканических пород имеются тонкослоистые аргиллиты и известняки. На берегу залива Нотр Дам на Ньюфаундленде помимо кислых и основных вулканитов в силуре имеются мощные толщи молассовидных конгломератов, красных аркозовых песчаников с волноприбойными знаками. В некоторых разрезах в Нью-Брансуике развита флишoidная толща тонко- и среднезернистых граувакк с прослоями граптолитовых сланцев уинлока — лудлоу. Отложения силура, мощность которых несколько тысяч метров, тесно связаны с такими же в фаціальном отношении толщами нижнего девона, хотя в северной части Нью-Брансуика между ними указывается угловое несогласие.

Переходная стадия развития земной коры на Урале в среднем карбоне, а в Северных Аппалачах в среднем девоне завершается сравнительно быстрым повсеместным на всей площади эвгеосинклинали формированием «гранитного» слоя и земная кора складчатых областей становится типичной континентальной. Становление континентальной коры было обусловлено длительной эволюцией и преобразованием сначала океанической, а затем переходной по своему типу земной коры, но важнейшую роль в этом процессе в конце концов сыграл в Аппалачах акадский диастрофизм, а на Урале собственно варисский, которым сопутствовала массовая гранитизация, усилившая стабилизацию структуры. Интересно, что, по данным многочисленных радиометрических определений акадских гранитоидов, массовое гранитообразование в Аппалачах происходило в начале живетского века, т. е. не во время, а после главных фаз акадской складчатости и шарьяжей, развивавшихся там в начале эйфеля. На Урале массовая гранитизация происходила в верхнем карбоне, в то время как интенсивная складчатость и шарьяжи были в среднем карбоне. Эти факты свидетельствуют о том, что гранитизация, по-видимому, является следствием диастрофизма.

На Урале деформированные в течение предшествовавшего развития эвгеосинклинальные образования испытали в среднем карбоне интенсивную складчатость и повторное шарьяжеобразование, а складчатые шарьяжные пластины эвгеосинклинальных пород на западном склоне Южного и местами Полярного Урала налегают на верхнедевонско-нижекаменноугольные толщи зилаирской формации. В сущности такая же картина для акадского диастрофизма наблюдается и в Аппалачах. Такие структуры в среднем девоне вновь подверглись деформации и трудно выделить роль акадских движений в областях сплошного развития нижнего палеозоя. Силурийско-нижедевонские породы повсеместно деформированы, местами очень сильно.

Некоторые черты развития континентальной коры

В Новой Шотландии и особенно в Нью-Брансуике широко распространены отложения и структуры континентальной коры двух этапов варисского диастрофизма. Это наложенные мульды и грабенообразные структуры, выполненные преимущественно континентальными отложениями от эйфельского яруса до перми включительно, разделенные несогласием на два структурных этажа.

Нижний этаж, сложенный породами от среднего девона до нижнего карбона, начинается грубыми конгломератами, резко несогласно налегающими на силур и на более древние толщи. Гальки в конгломератах состоят из разнообразных эффузивных пород силура, черных кремней и граувакк ордовика. Конгломераты слабо наклонены, вовсе не метаморфизованы, внешне сходны с альпийской плиоценовой молассой, по возрасту относятся к эйфельскому ярусу среднего девона. Выше лежат зеленовато-серые карбонатные тонкослоистые песчаники, вероятно, озерного происхождения с остатками рыб и флоры низов верхнего девона. Нижний

карбон сложен красными конгломератами, аркозовыми песчаниками, зеленоватыми песчаниками с прослоями известняков и сланцев с морской фауной. Имеются прослой кислых и основных эффузивов. К концу визе и началу намюра относятся отложения доломитов и гипсов.

Выше трансгрессивно и несогласно располагаются толщи верхнего этажа варисцид, представленные континентальными терригенными преимущественно сероцветными, местами тонкозернистыми и угленосными образованиями среднего карбона — перми. Они начинаются с конгломератов, иногда лежащих прямо на досреднедевонском фундаменте. Но в обширной верхнепалеозойской мульде в Нью-Брансуике все толщи от нижнего карбона до перми почти не дислоцированы, а в центральной части мульды лежат горизонтально.

В эвгеосинклинальной зоне Урала, как указывалось, нижнему структурному этажу варисцид Аппалачей, развивавшемуся на континентальной коре, точно соответствует по времени структурный этаж на коре переходного типа, так как континентальная кора на Урале повсеместно сформировалась только к среднему карбону.

Отложения верхнего палеозоя, которые могли бы соответствовать верхнему варисскому структурному этажу Северных Аппалачей, в бывшей эвгеосинклинальной зоне Урала, как и в Пидмонте, почти полностью отсутствуют. Здесь в это время происходили поднятия и размыв горно-складчатых сооружений, возникавших в результате аппалачского или верхневарисского диастрофизма, на коре континентального типа. Но в миогеосинклинальной зоне Южных Аппалачей, как и в миогеосинклинальной зоне Урала, широко распространены отложения среднего—верхнего карбона и перми, охваченные аппалачским (верхнепалеозойским) диастрофизмом. В это время в горно-складчатых сооружениях Урала и Аппалачей, возникших на месте эвгеосинклиналей, также происходили тектонические движения и сопровождавший их магматизм в форме преимущественно кислых интрузий.

Из особенностей мезозойско-кайнозойской эволюции континентальной коры Урала и Аппалачей следует выделить формирование удивительно близких по времени развития (палисадский орогенез) и по своей форме грабеновых триасово-юрских структур. Они выполнены континентальными, в Аппалачах преимущественно красноцветными, на Урале часто сероцветными угленосными толщами; иногда по краям грабенов там и здесь они заметно дислоцированы. Формирование грабенов сопровождается излияния траппов, а также формирование силлов и даек базальтов, иногда очень крупных. Интересно, что нижнемезозойские грабены на Урале и в Аппалачах образовались только на молодой палеозойской континентальной коре и не выходят на запад в области миогеосинклинальных структур, развивавшихся на древнем докембрийском континентальном цоколе. Таким образом, мы видим, что хотя в эвгеосинклинальных Аппалачах земная кора приобрела континентальный характер на один этап раньше, чем на Урале, проявление среднекаменноугольных (предпенсильванских), верхнепермских (аппалачских) и среднетриасово-юрских (палисадских) тектонических движений было не менее интенсивным, чем на более молодом Урале.

Заключение

Сравнение некоторых особенностей строения и эволюции земной коры Урала и Аппалачей показало, что ведущим процессом развития этих складчатых систем является процесс континентализации с превращением океанической коры в континентальную. Этот процесс сопровождается явлениями сиалитизации и тектонического скучивания. Устанавливается строгая последовательность — «стратиграфия» тектонических этапов,

совершенно разных по характеру. Тектоническая «колонка» оказывается совершенно одинаковой на Урале и в Аппалачах, но время проявления одних и тех же тектонических этапов в Аппалачах по сравнению с Уралом смещено вниз на один тектонический этап. Это приводит к заключению, что каждый тектонический этап одновременно охватывает области с океанической, переходной и континентальной корой. Если учесть, что границы тектонических этапов на Урале и Аппалачах довольно хорошо коррелируются и являются приблизительно синхронными, то приходится предполагать их глобальный характер. Конечно, нельзя пока что доказать глобальность отдельных тектонических фаз, но глобальная синхронность этапов вполне очевидна, так как мы коррелировали не частные проявления тектонических движений, например угловые несогласия, а главные тектонические этапы развития земной коры в этих регионах.

Граница между континентальной и океанической корой, существовавшая на Северном и Среднем Урале и Аппалачах, к началу палеозоя имеет большой тектонический смысл. В современной структуре эта граница приблизительно совпадает с системой крутых разломов, — в Аппалачах — Бревардско-Кэботского, а на Урале — Главного уральского. В Аппалачах очень много данных, что на поздних этапах развития коры, когда она имела уже континентальный характер, рассматриваемая система разломов являлась громадным, по сути дела трансконтинентальным продольным левым сдвигом. На Урале этот продольный разлом также достаточно крутой и имеет большую протяженность. В последнее время появились данные для отдельных отрезков разлома о том, что и здесь он является левым сдвигом.

Но эти же границы между континентальной и океанической корой к концу океанической стадии развития проявлялись, как мы видели, совершенно иначе. Вдоль них и на Урале, и в Аппалачах в это время произошло огромное надвигание (ubdaction) на запад океанической коры на континентальную. Неразмытые аллохтонные остатки океанической коры мы сейчас наблюдаем в виде «клиппов» в сходных условиях залегания в миогеосинклинальных зонах Урала и Аппалачей. К этому времени произошло наибольшее сокращение ширины морских бассейнов с океанической корой, т. е. эвгеосинклиналей, первичные размеры которых нам неизвестны. Судя по характеру формаций, можно предполагать, что северная часть Аппалачской эвгеосинклинали представляла собой достаточно обширное краевое море, в то время как Уральская эвгеосинкинали носила более океанический характер. Отсюда ясно, что рассматриваемые границы могли с начала палеозоя испытать большие латеральные перемещения. Если далее учесть, что на самых начальных этапах развития океанической коры рассматриваемые границы могли развиваться как системы сбросов растяжения, аналогично многим границам континентальных блоков с современным Атлантическим океаном, то станет ясным, что эти интереснейшие структурные швы представляют собой весьма сложные образования, которые нельзя рассматривать с фиксированных позиций, как это нередко делается.

Литература

- Буртман В. С., Молдаванцев Ю. К., Перфильев А. С., Шульц С. С. (мл.). Океаническая кора варисцид Урала и Тянь-Шаня.—Сов. геология, 1974, № 3.
- Пейве А. В., Штрейс Н. А. и др. Палеозойды Евразии и некоторые вопросы эволюции геосинклинального процесса.— Сов. геология, 1972, № 12.
- Julien P. St. Appalachian tectonics in the Eastern townships of Quebec.— Intern. geol. congr. XXIV session. Exc. B-21. Montreal, 1972.
- Neale E. R. W. A cross section through the Appalachian orogen in Newfoundland.— Intern. geol. congr. XXIV session. Exc. A-62 and C-62. Montreal, 1972.
- Poole W. H., Rodgers J. Appalachian geotectonic elements of the Atlantic provinces and southern Quebec.— Intern. geol. congr. XXIV session. Exc. A-63 and C-63. Montreal, 1972.

Л. И. Красный

КАНАДСКОЕ ЗВЕНО ТИХООКЕАНСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

Введение

На протяжении 2200 км вдоль западной Канады протягивается величественное и сложное в физиографическом и геологическом отношениях (рис. 28) горное сооружение, несомненно принадлежащее планетарному Тихоокеанскому подвижному поясу (ТПП). Эта система горных цепей и межгорных депрессий и рвов на юге отделяется поперечной цепью мезозойских гранитоидных интрузий от США и на севере частично заходит на Аляску.

Автор, вместе с другими участниками экскурсии XXIV сессии Международного геологического конгресса пересек всю Западную Канаду от города Калгари до о-ва Ванкувер включительно. Благодаря хорошо подготовленной многими учреждениями Канады (геологические службы страны и Британской Колумбии, нефтяные и горные компании, университеты) и блестяще проведенной экскурсии (руководители Дж. Монгер и Б. Прето) удалось познакомиться с геологическим строением и полезными ископаемыми региона. Это дало возможность, используя личные наблюдения в северо-западной части ТПП (Восток СССР, Япония), а также литературные источники, наметить черты сходства и различия далеко удаленных регионов Тихоокеанского сегмента Земли.

На «Схеме главных геологических элементов Канады», оставленной Р. Дугласом в 1971 г. в пределах Канадского звена ТПП, выделяются: Кордильерский ороген, в составе которого различаются (существенно с востока на запад): 1) Восточный Кордильерский ороген — Северный Юконский складчатый комплекс, Складчатый комплекс Макензин и Надвиговый пояс Скалистых гор.

2) Западный Кордильерский ороген — Складчатый пояс Селвин, Ров Тинтина, Юконская кристаллическая платформа, Кристаллический пояс Оминика, Дуга Кутней, Антиклиниорий Перселл, Межгорный Колумбийский пояс, Горст Атлин, Каскадный складчатый пояс, Ров Чаквэк, Береговой плутонический комплекс, Складчатый пояс Св. Ильи и Складчатый пояс Инсуляр.

Автор в настоящей статье будет главным образом касаться тех геолого-структурных подразделений, которые пересекались во время экскурсии. Следует отметить сложную мозаику структур Канадских Кордильер. Двигаясь как по простиранию, так и вкрест простирания структурных элементов наблюдается либо чешуйчатое строение (Скалистые горы), либо блоковое (например, Каскадные горы). Такое сочетание «тектонических миниатюр» характерно и для Дальнего Востока СССР, что много лет назад отметил известный советский геолог А. Криштофович.

Канадские Скалистые горы. Следует подчеркнуть, что часть геологов Канады на современных тектонических схемах для Скалистых гор предпочитают название «складчато-надвиговый пояс» или «надвиговый пояс» вместо традиционного «миогеосинклинальный». Дело в том, что на всем

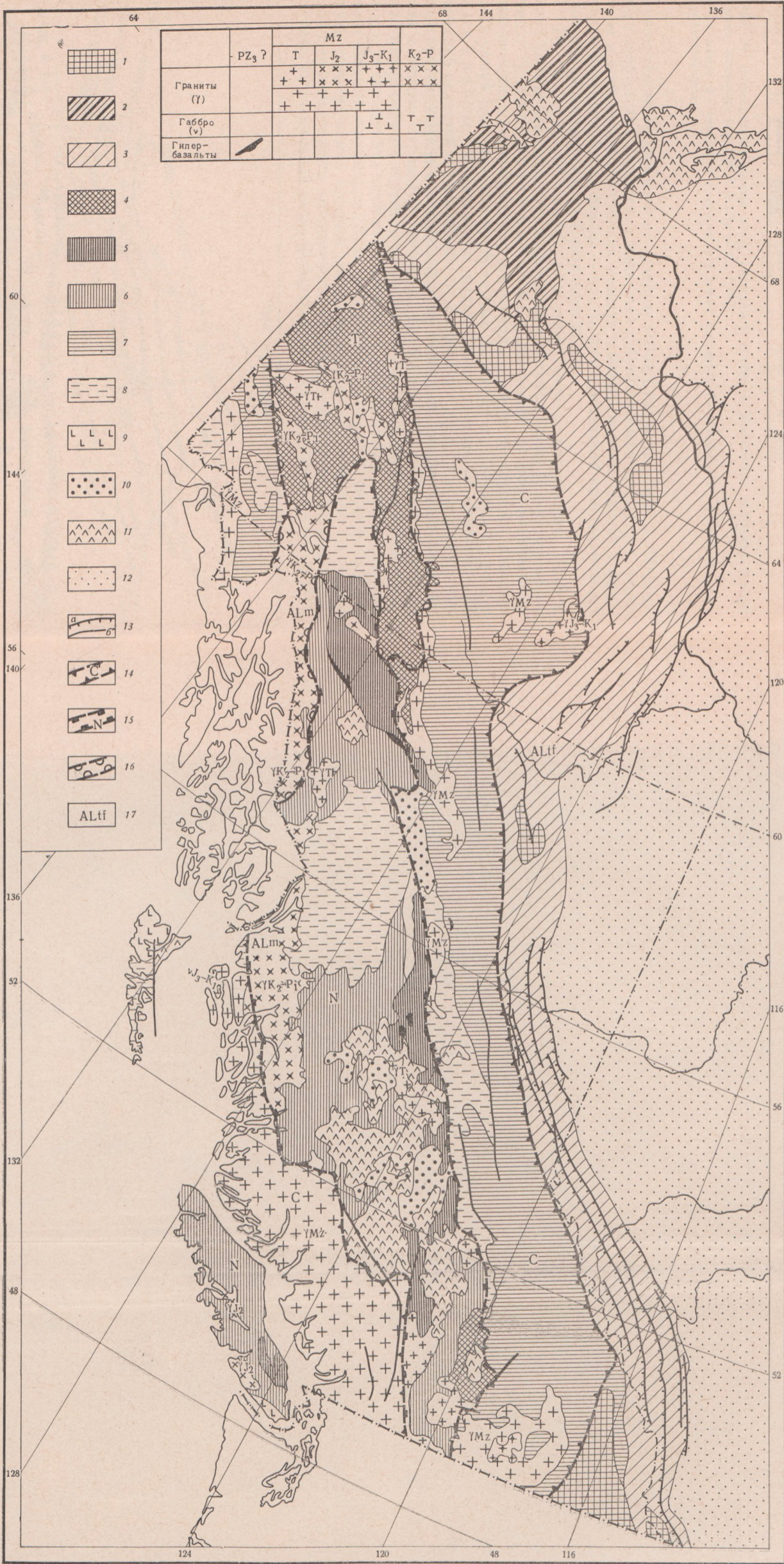


Рис. 28. Тектоническая карта Канадских Кордильер масштаба 1 : 5 000 000 (по «Тектонической карте Канады», 1968, составленной под руководством К. Стоквелла, с изменениями)
 1-3 — краевая эпиплатформенная складчато-надвиговая система Скалистых гор;
 1 — умеренно дислоцированный позднекембрийский фундамент;
 2 — терригенно-карбонатные отложения (D-C);
 3 — терригенные отложения (K-P);

4-16 — ортогеосинклиналиная область Канадских Кордильер:
 4 — зона ранне-среднеюрской складчатости (C-P толщи);
 5-6 — зона среднеюрской складчатости (5 — пермские и более древние толщи, 6 — T₂-J₂ толщи);
 7-8 — зона колумбийского тектогенеза (7 — P и более древние толщи, 8 — T-K толщи);
 9 — зона юно-ларамийского тектогенеза (эоценовые толщи);
 10-11 — наложенные впадины и субсек-

вентные эффузивные поля (10 — существенно осадочные, 11 — вулканические);
 12 — платформенный чехол;
 13 — разрывы: а — надвиги; б — прочие разрывы;
 14-16 — границы зон тектогенеза:
 14 — Колумбийской,
 15 — Насианской,
 16 — Инклинанской и Талтанианской (не-разделенных);
 17 — зоны ларамийской активизации (ALif — складчато-надвиговой, ALm — магматической)

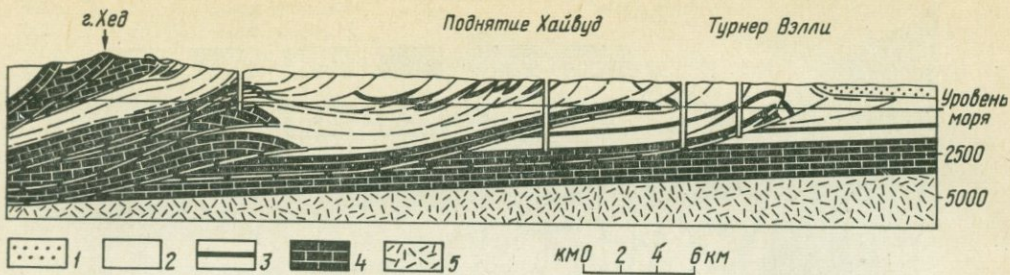


Рис. 29. Структурный разрез через Передовой хребт и Холмистое подножье южной части Скалистых гор (по А. Bally et al., 1966)

1 — палеоген; 2 — мезозой; 3 — верхний мел (свита Кардиум); 4 — палеозой; 5 — фундамент (склон Канадского щита)

пространстве от западной их границы («Ров Скалистых гор») до Передовых хребтов и их Холмистых подножий разрез верхнего протерозоя, палеозоя и в значительной степени мезозоя и кайнозоя очень близок разрезу чехла Внутренней платформы — плиты, перекрывающей кристаллические породы западного склона Канадского щита.

По П. Горди (P. Gordy) и другим геологам-нефтяникам, Канадские Скалистые горы подразделяются на четыре части (с востока на запад): 1) Холмистое подножье, состоящее из деформированных мезозойских кластических пород и несколько довольно крупных уплощенных чешуй палеозойских карбонатных пород; (рис. 29—30). Передовые хребты, образованные надвиговыми покровами (карбонатный верхний палеозой и докембрий). 3) Главные хребты, сформированные протерозойскими и палеозойскими породами, надвинутыми на соседние с востока Передовые хребты; 4) Западные хребты, состоящие из сжатых складок терригенного нижнего палеозоя. Описание Скалистых гор и их складчато-надвиговых меловых и палеоценовых дислокаций имеется в нашей литературе (Ханн, 1971). Представляется важным подчеркнуть специфичность краевой складчато-надвиговой системы Скалистых гор с ее пликативным омоложением и сравнить ее с пограничными структурами юго-восточной части Сибирской платформы, что имеет, по мнению

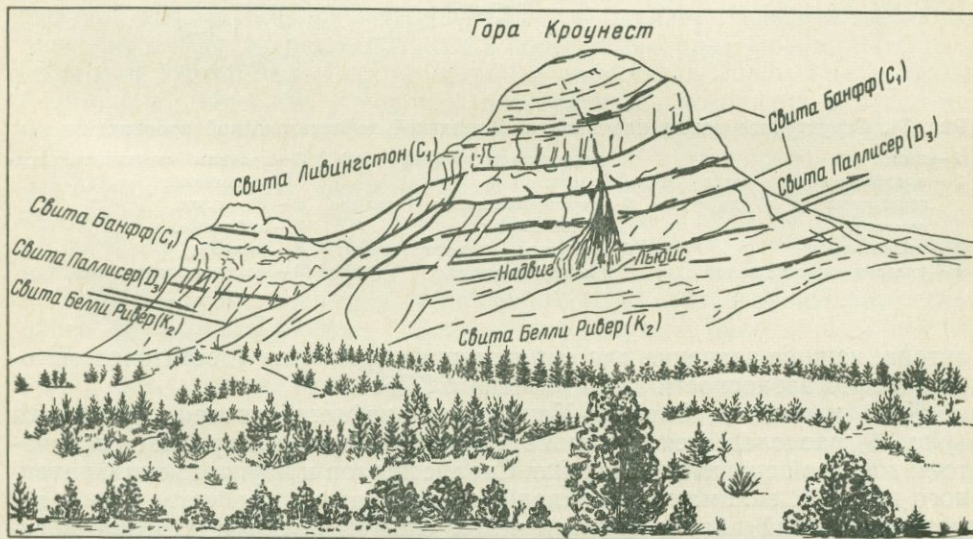


Рис. 30. Гора Кроунест-клипп надвигового покрова Льюис на юге Скалистых гор (по Р. Прайс и Е. Фернандо)

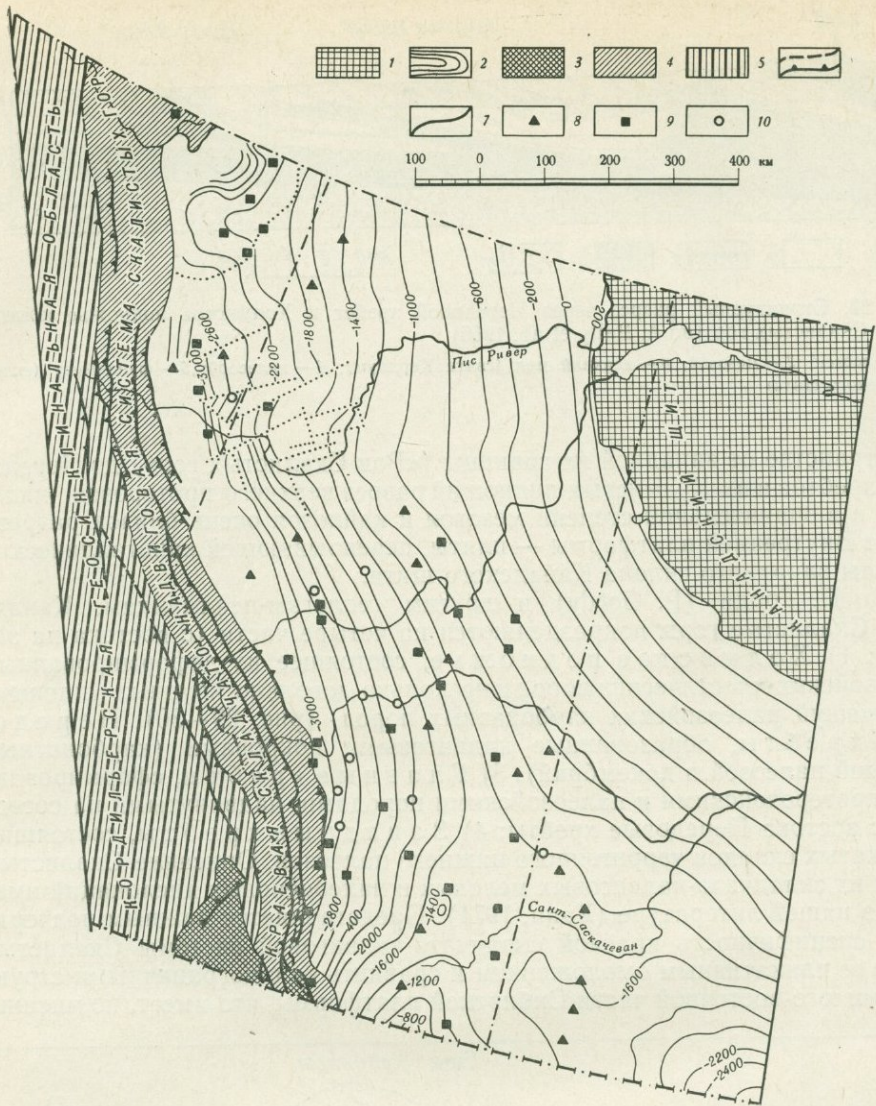


Рис. 31. Структурное положение Западно-Канадской нефтегазоносной провинции

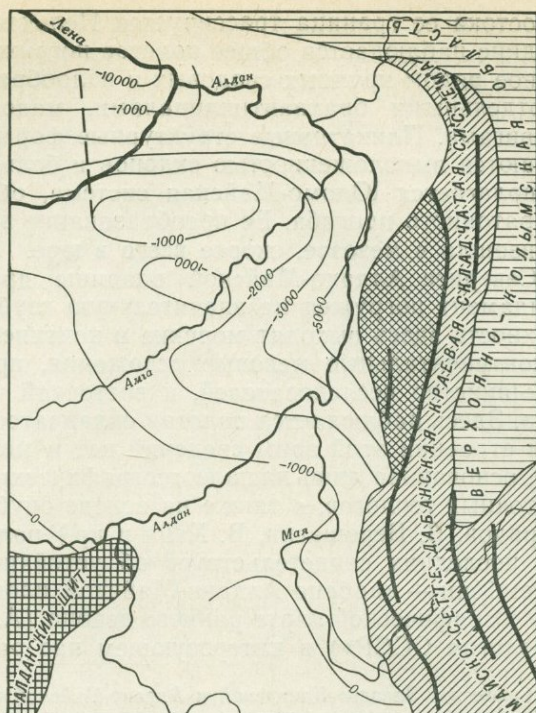
- | | | |
|---|---|--|
| 1 — щит; | складчато-надвиговая система; | 7 — границы структурных подразделений; |
| 2 — платформенный чехол с изогипсами (в м) до фундамента; | 5 — геосинклинальная — складчатая система; | 8 — 10 — поля: |
| 3 — поднятия; | 6 — разломы (предполагаемые и установленные); | 8 — нефтяные, |
| 4 — краевая складчатая и | | 9 — газовые, |
| | | 10 — нефтяные и газовые |

автора, важное значение для определения перспектив (достаточно высоких) нефтегазоносности этого региона СССР.

Как известно, Западно-Канадская нефтегазоносная провинция (рис. 31) располагается на склоне Канадского щита, на границе складчато-надвиговой системы Канадских Скалистых гор и крупного перикратонного прогиба, занимающего западную часть штата Альберта. Слабо деформированный платформенный чехол сложен преимущественно морскими осадками от верхнего рифея до нижнего карбона и от юры до палеоцена. В разрезе имеется ряд несогласий и перерывов, главные из которых приурочены к основанию среднего девона и юры. Палеозойские отложе-

Рис. 32. Структурное положение Алдано-Майской перспективной нефтегазоносной провинции

Условные обозначения см. рис. 31



ния имеют преимущественно карбонатно-глинистый состав с галогенными образованиями в среднем девоне. Мезозойские — представлены песчано-глинистыми осадками. В Западно-Канадской нефтегазоносной провинции ежегодно добывается нефти и газа на 158 724 000 долларов (карта «Principal Mineral Areas of Canada», 1972).

Обратимся теперь к юго-восточной части Сибирской платформы (рис. 32), в которой нефтегазоносность уже давно связывается с отложениями позднего рифея — среднего кембрия. Мощность этих отложений в пределах Юдомо-Майского перикратонного прогиба составляет не менее 12 км, а в низовьях р. Юдомы достигает 4 км. В морских слабо метаморфизованных отложениях верхнего рифея — среднего кембрия наблюдались скопления твердых битумов в порах и кавернах пород, натеков и примазок густой нефти по трещинам и плоскостям наслоения, а также битумоидное вещество в поровом пространстве песчаников и капельно-жидкой нефти в Лахандинской скважине. Сравнительно небольшие объемы нефтепоисковых исследований (МГУ, ДВГУ и др.) показали, что разрез верхнерифейских среднекембрийских отложений отличается удачным сочетанием пород-коллекторов и пород-покрышек. Если мы продвинемся на север, то увидим, что восточным обрамлением Алдано-Майской впадины является значительное по протяжению горное поднятие, составленное в структурном отношении из Кербинского (Кыллахского) выступа, образованного верхним рифеем (алевролиты и битуминозные известняки с водорослевыми биогермами), и краевой складчато-глыбовой системы Сетте-Дабана, сложенной кембрийскими, ордовикскими и девонскими карбонатными толщами большой мощности с значительным участием глинисто-карбонатных и карбонатных битуминозных пачек. Для среднего девона характерны, так же как и для окраинной части прогиба Альберта, галогенные осадки (гипсы, ангидриты).

В юго-восточной части Сибирской платформы (Лено-Алданской плиты) выделяются: Майская впадина, расположенная к востоку от Алданского щита, вытянутая в направлении, близком к меридианальному.

С востока ее граница трассируется Нельканским надвигом. В Майской впадине наблюдается общее пологое погружение чехла на север, осложненное рядом крупных сводовых и валообразных поднятий, флексурами и отдельными брахиантиклиналями, малоамплитудными сбросами и надвигами. Пликативные структурные формы платформенного типа отличаются выположенностью склонов и большими размерами. Восточнее располагается Юдомо-Майская система, образовавшаяся на месте перикратонного прогиба. Ее преобразование в складчато-надвиговую зону произошло в мезозое, скорее всего в юре.

Севернее Алдано-Майской впадины древний (доверхнерифейский) фундамент погружен на значительную глубину (свыше 400 м). На поверхности здесь выходят морские и континентальные юрские отложения и континентальные меловые отложения, принадлежащие, как считают большинство исследователей, к восточной части Приверхожанского прогиба. Здесь наблюдается пологая складчатость меловых толщ. О глубинном строении этой зоны сведений нет и можно высказать предположение, основанное лишь на палеогеографических сводках якутских и северо-восточных геологов, а также на основе опубликованного атласа (А. Виноградов, В. Верещагин, В. Хайн и др.) палеогеографических карт. Анализ последних свидетельствует об устойчивом прогибании в позднем докембрии — карбоне Алдано-Майской площади. Упомянем, что на палеогеографической карте раннего девона (А. Николаев, 1968 в XXX томе «Геология СССР») в интересующем нас районе обозначены рифы.

Сравнение Западно-Канадской и Алдано-Майской провинций

	Западно-Канадская нефтегазоносная провинция	Перспективная Алдано-Майская провинция
Тектоническое положение	Перикратонная область на границе плиты и активизированной в мезозое или мезозое — раннем кайнозое краевой Канадских Скалистых гор	Складчато-надвиговой системы: Сетте-Дабанской-Юдомо-Майской
Региональные нефтегазоносные комплексы и горизонты	Карбонатно-глинистые отложения (кембрий — ордовик; девон — карбон); песчаные отложения (мел)	Карбонатно-глинистые отложения (верхний протерозой — кембрий; силур — девон); песчаные отложения (юра — мел)
Палеогеографический и палеотектонический контроль нефтегазоносности	1. Субпровинция гомоклинали Альберта: (а) погребенные выступы древнего рельефа, б) рифовые постройки в) своды на окраинах щита) 2. Субпровинция Скалистых гор (складчато-взброшенные структуры)	Возможны те же нефтегазоносные структуры и аналогичные условия нефтегазонакопления

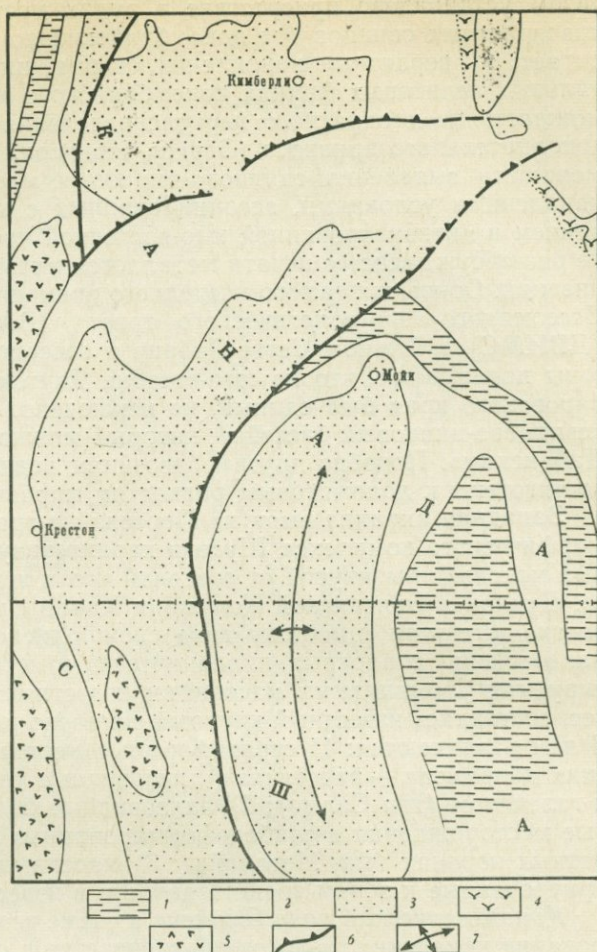
На таблице автор попытался показать сходные черты перспективной Алдано-Майской и хорошо известной крупной Западно-Канадской нефтегазоносной провинции.

Западной границей Канадских Скалистых гор служит Ров Скалистых гор, протягивающийся от 47 до 59° северной широты. Его длина 1600 км. Он несомненно отражает глубинную структурную границу между деформированным краем платформы и грандиозной ортогеосинклинальной областью Канадско-Аляскинских Кордильер. Подробное описание Рва (борозды) Скалистых гор сделано Г. Личем (G. Leech) в 1965 г. и опубликовано на русском языке (1970).

Массив Перселл канадскими геологами обычно именуется «антиклинорием Перселл». Он располагается на границе ортогеосинклинальной «эвгеосинклинальной» области Кордильер и краевой эпиплатформенной структуры Скалистых гор. Вблизи границы с США к восточной части массива примыкает угленосный бассейн Ферни, вытянутый на 160 км, заполненный юрскими — нижнемеловыми отложениями, образующими

Рис. 33. Геолого-структурная схема массива Перселл (по Harrison, 1972)

- 1 — свита Китченер;
- 2 — свита Крестон;
- 3 — свита Олридж;
- 4 — свита Форт Стюил;
- 5 — интрузивы гранитоидов;
- 6 — разломы;
- 7 — оси антиклиналей



пологую синклиналь. В массиве Перселл наблюдаются пологие широкие складки. Южная часть массива Перселл находится в США. Соответствующая серия там носит название серии Белт. Ниже в скобках указываются названия свит, употребляемых геологами США. В ядре антиклиналей (рис. 33) выходит свита олдридж (причард), сложенная относительно глубоководными граувакками, алевролитами и аргиллитами. На крыльях этих складок располагается свита крестон (равалли). В ней преобладают мелководные дельтовые кластические осадки. Разрез заканчивается свитой китченер (уаллаки), состоящей из ритмично-наслоенных карбонатных толщ. Серия Перселл (Белт) относится к среднему протерозою. Выше располагается верхнепротерозойская серия Уиндермир. Она имеет грубообломочный состав и некоторыми геологами относится к ледниковым образованиям. На западной окраине массива Перселл узкой цепочкой прослеживаются базальные конгломераты (свита Гоби), с которых начинается кембрий. В пределах массива Перселл находится несколько крупных месторождений полиметаллических руд. Из них наиболее известное Салливан приурочено к ядру антиклинали, сложенной свитой олдридж. Это месторождение представляет собой пологопадающее пластовое рудное тело, в кровле которого заметно проявлены процессы альбитизации, а в подошве — турмалинизации вмещающих пород. Преобладают свинцово-цинково-серебряные руды (с пирротинном) с весьма заметным (0,3%) содержанием олова. Вблизи месторождения известен шток мезозойских гранидиоритов и диоритов. Изотопным ана-

лизом установлено присутствие в рудах месторождения Салливан разновозрастных свинцов (от докембрийских до мезозойских), что предполагает: а) вероятные накопления свинца, цинка и серебра в первоначальных пелитовых фациях докембрийского морского бассейна; б) возможность неоднократного перераспределения рудных элементов и их дополнительного привноса (Бергер, Ициксон, 1972; Смирнов, 1972). Возможность выявления свинцово-цинковых месторождений в сходных с канадскими условиями, ассоциированных с карбонатным осадконакоплением в активизированной юго-восточной части Сибирской платформы не раз обсуждалась в печати металлогенистами ВСЕГЕИ и других организаций. Открытия самого последнего времени геологов Якутии (ЯТГУ), Всесоюзного аэрогеологического треста (ВАГТ) и дальневосточников (ДВИМС) в Южном Сетте-Дабане и северной части Юдомо-Майской зоны показывают, что на юго-востоке Якутской АССР и на севере Хабаровского края был единый, не исключено, что весьма значительный «свинцово-цинковый бассейн», который можно назвать «Юдомско-Сетте-Дабанским». Подобно другим бассейнам подобного рода руды здесь явно тяготеют к доломитовым разностям карбонатных пород.

Западная окраина выступа Перселл на границе его с гнейсами метаморфического комплекса Шусвэп характеризуется цепочкой известняковых массивов вытянутой от северной части штата Вашингтон (США) до оз. Дункан в Британской Колумбии Канады на протяжении 400 км. Это слегка выгнутая к востоку дуга сложнодислоцированных ниже-среднепалеозойских осадочных, вулканических и метаморфических пород, трасируемая упомянутыми массивами известняков формации Бэдшот-Ривес, составляет известный крупный свинцово-цинковый пояс (рис. 34, 35). В нем различаются: 1) стратиформные месторождения в нижнекембрийских доломитах — рассеянные линзовидные тела с пиритом, сфалеритом и галенитом (тип Салмо); 2) линзовидные более или менее стратиформные месторождения в слабдеформированных среднекембрийских карбонатных породах (тип Металайн); 3) массивные и рассеянные сульфиды, приуроченные к зонам трещиноватости в известняках (тип Блюбелл).

Кристаллический пояс Оминика в схеме геолого-структурного районирования канадских геологов протягивается в северо-северо-западном направлении от 49 параллели до Юконского кристаллического массива («платформы»). В южной части он охватывает горы Селкирк и Монаши, с геологией которых познакомились участники экскурсии. В отличие от массива Парселл в этих горах известен сильно метаморфизованный протерозой, палеозой и мезозой. Обильны также интрузии гранитоидов. Местами встречаются гипербазиты. В разрезах среднего кембрия — девона, верхнего триаса и юры заметное место принадлежит подводным вулканитам основного и среднего состава. Так, например, к западу от р. Салмо в протерозое преобладают зеленые сланцы вулканической формации Ирен, в нижнем кембрии присутствуют черные филлиты, слюдитые и другие метаморфические сланцы. Триасовые и юрские толщи почти нацело состоят из измененных подводных вулканитов (базальтовые и андезитовые потоки, туфы, брекчи, агломераты), переслаивающихся с туфогенными песчаниками и сланцами.

Массивы гранитоидов различного размера здесь хорошо изучены. Наиболее крупный из них «батолит Нельсон» в северной части имеет радиометрический возраст 164 млн. лет. Большинство массивов по составу отвечает гранодиоритам и кварцевым монцонитам. Мелкие палеогеновые интрузивы сиенитовые и монцонитовые.

Фрагменты этого типичного геосинклинального пояса наблюдались к западу от города Крестон вблизи границы с США, где находятся южные выступы метаморфического комплекса Шусвэп (кристаллические сланцы и гнейсы, главным образом амфиболитовой фации). Здесь они носят местное название «группы Гранд Форкс», представленной различными

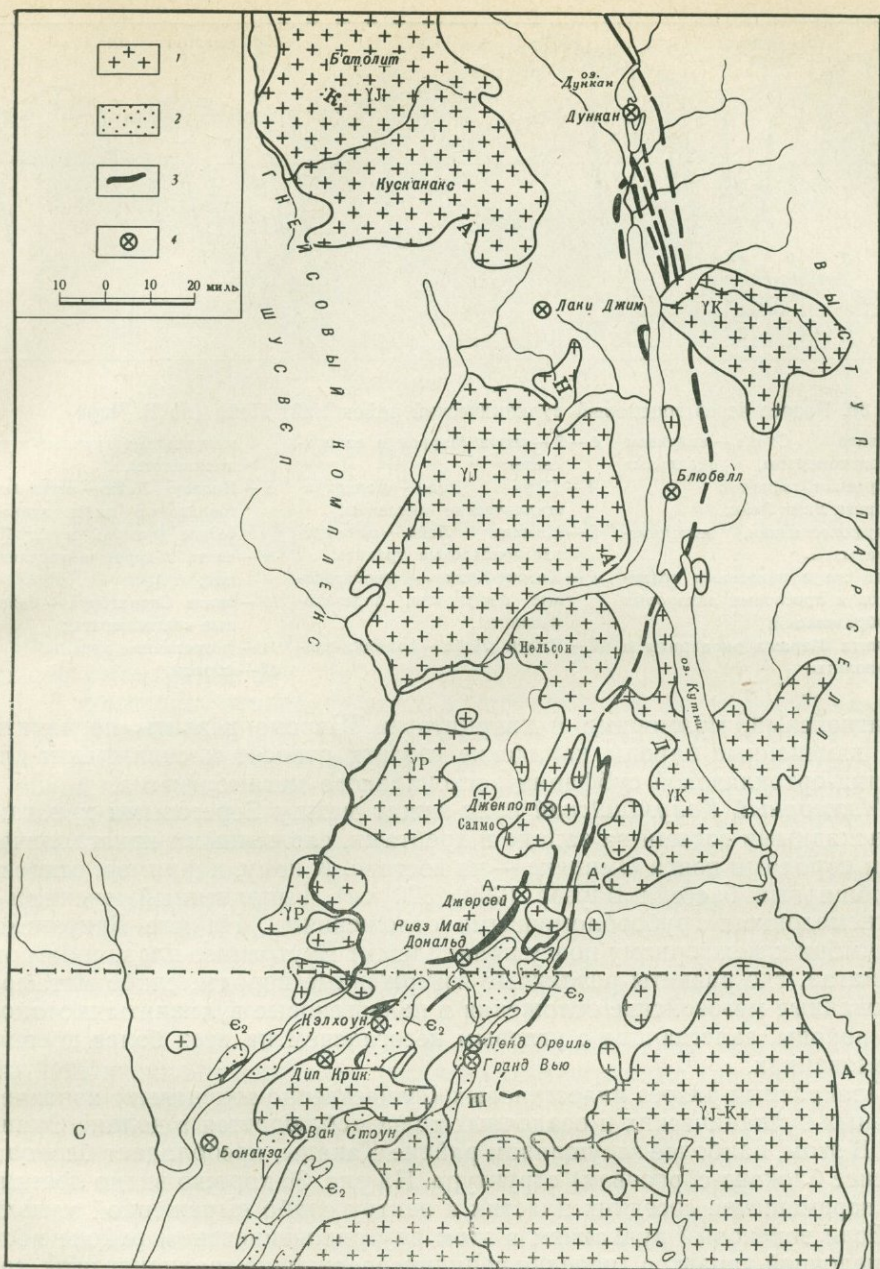


Рис. 34. Схематическая геологическая карта южной части района «Кутней Арк»

1 — гранитоиды (юрские γ J, юрско-меловые γ J-K, палеогеновые — γ Pg); 2 — сланцы Металейн и Нелуэй, ϵ_2 ; 3 — известняки Бэдшот-Ривес, C; 4 — важнейшие свинцовые месторождения



Рис. 35. Схематический геологический разрез по линии А — А' (см. рис. 34)

1 — кварциты Хамилл; 2 — известняки Бэдшот-Ривес; 3 — сбросы; 4 — гранитоиды

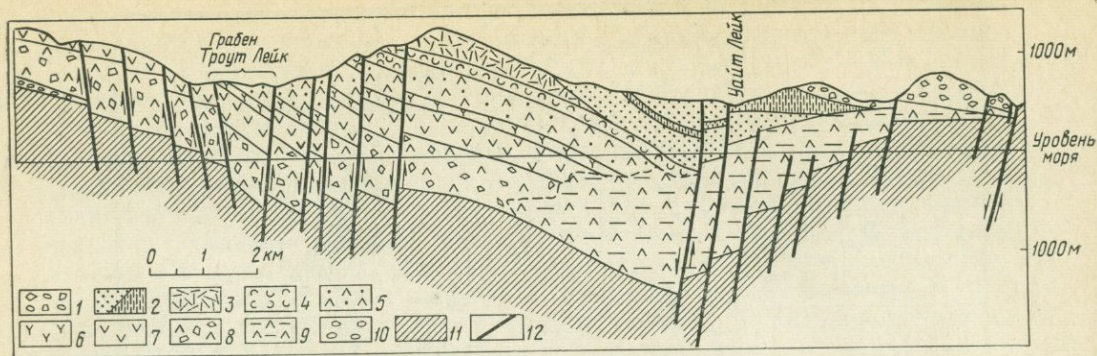


Рис. 36. Разрез через эоценовый вулканический район Уайт Лейк (по Б. Чарч)

- | | | |
|--|---|---|
| 1 — свита Схака — валунные конгломераты, обвалынные брекчи, тефриты; | 4 — 9 — свита Маррон и ее под-свиты: | гиоклазовые трахиты и трахиандезиты, |
| 2 — свита Уайт Лейк: | 4 — Парк Рилл — мелкокристаллические андезиты, | 8 — Йеллоу Лейк — авгит-анортитовые лавы, вулканические брекчи и бомбы, |
| а — туфопесчаники, конгломераты; | 5 — Нимпит Лейк — санидин-плагиоклазовые трахиты, | 9 — свита Маррон нерасчлененная; |
| б — то же с покровами трахитов и прослоями лахаровых образований; | 6 — Кизрис-Крик — пироксеновые порфиры, андезитобазальты, | 10 — свита Спрингбрук — базальные конгломераты; |
| 3 — свита Марам риодациты и рнолиты; | 7 — Килей Лейк — санидин-пла- | 11 — доэоценовые породы; |
| | | 12 — сбросы |

парагнейсами, мраморами и кварцитами. Широко развиты пегматиты. Эти измененные породы канадские геологи относят к силлиманит-альмандин-ортоклазовой субфации регионального метаморфизма.

Межгорный Колумбийский пояс зажат между Береговыми хребтами и Каскадными горами на западе и хребтами, сложенными кристаллическими породами пояса Оминек — на востоке. К нему, например, относится обширный бассейн Баузер (200×320 км), выполненный юрскими — нижнемеловыми грубообломочными отложениями. На юге Британской Колумбии к межгорному поясу принадлежит Внутреннее плато и нагорье Оканаган, где развиты различные изверженные породы, слабо метаморфизованные мезозойские отложения и палеогеновые вулканы и осадочные породы, залегающие с угловым несогласием на всех более древних образованиях.

Прекрасный разрез палеогеновых (существенно эоценовых) континентальных вулканических и осадочных толщ наблюдается в долине Оканаган. В этом, наиболее засушливом районе Канады, преобладает блоковая (точнее блоково-сбросовая) структура. На рис. 36 хорошо видно лестничное перемещение соседних пластин к центру слабо выраженной мульды.

Если эоценовый вулканизм в этом внутриконтинентном районе носит субщелочной характер (нередки санидинсодержащие трахиандезиты, трахиты, а также фонолиты), то в миоцене — плиоцене в Межгорном Колумбийском поясе преобладают платобазальты. Вулканическая активность в этом поясе продолжилась и позднее.

В Северных Каскадных горах в вытянутых в северо-северо-восточном направлении полосах (клиньях) выходят (с востока на запад): а) юрские — меловые морские и (в верхах) континентальные отложения; б) средне-верхнепалеозойские отложения пестрого состава с подводными вулканиками; в) глубоко-метаморфизованный гнейсовый комплекс; г) триасово-юрские глинистые сланцы, граувакки и вулканы; д) эоценовые грубообломочные континентальные отложения. Все эти клинья шириной 30—40 км ограничены крупными разломами (сброс Хозамин, сброс р. Фрезер и др.), к которым приурочены серпентиниты и многочисленные разновозрастные (100—200 млн. лет) мезозойские и кайнозойские гранитоиды.

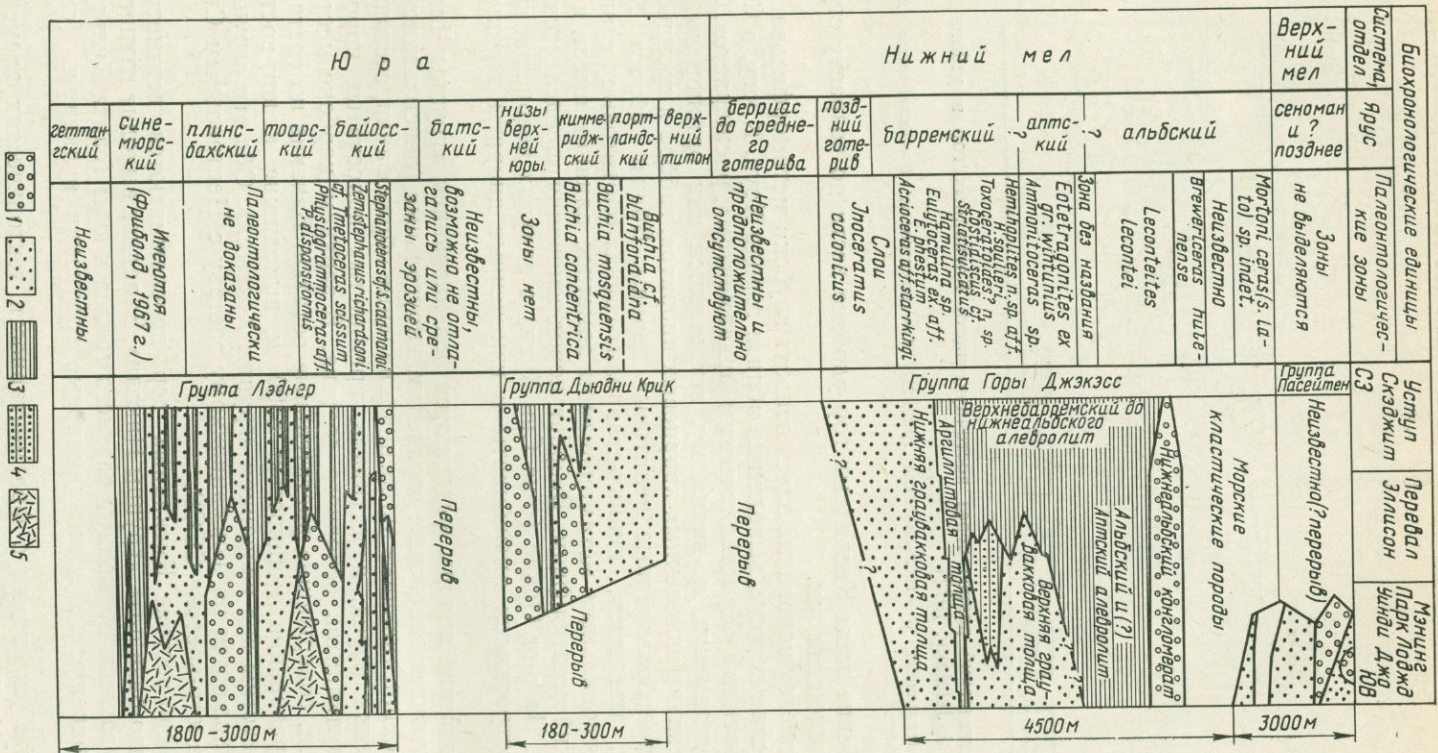


Рис. 38. Стратиграфическая колонка и фациальные соотношения юрских и меловых отложений в Мэннинг Парк (Jeletzky, 1972)

1 — конгломераты; 2 — тонкозернистые граувакки; 3 — алевролиты и глинистые сланцы; 4 — аргиллиты (на западе и граувакки внутрипластовые; 5 — лавы и разнообразные пирокластические породы

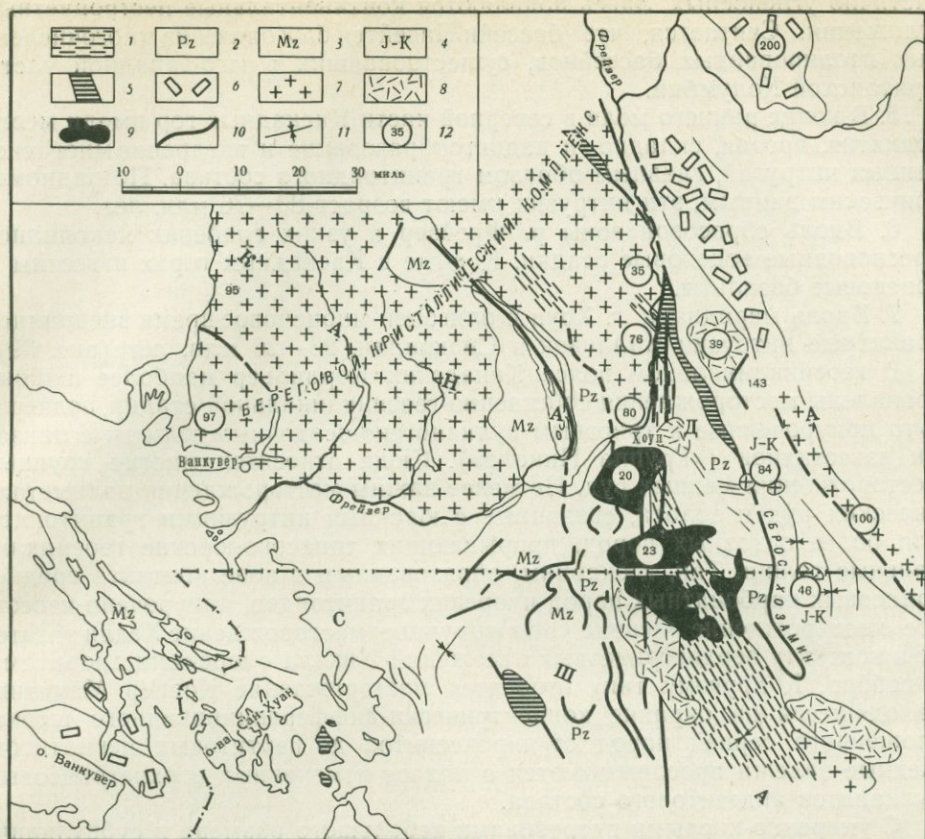


Рис. 39. Схема размещения геологических подразделений в Северных Каскадных горах (Taggard, 1970)

- | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 1 — гнейсы; | 6 — 9 — гранитоиды: | 10 — сбросы и надвиги; |
| 2 — палеозой (Pz); | 6 — юрские, | 11 — оси складок; |
| 3 — мезозой Mz); | 7 — меловые, | 12 — радиометрический возраст |
| 4 — юра-мел (J — K); | 8 — эоценовые, | гранитоидов (K — Ar — 10 ⁶ |
| 5 — перidotиты (Pz ₂); | 9 — неогеновые; | лет) |

также прослой основных лав и пирокластов — редки. Руководивший этой частью экскурсии Ю. Елецкий считает, что градационная и нередко спиралевидная слоистость указывает на турбидитные процессы во время осадконакопления. По простиранию литологические особенности серии Лэднер быстро изменяются и на восточном крыле синклинария преобладают слабо диагенизированные песчаники, конгломераты и вулканиты.

После перерыва в осадконакоплении, охватывающего верхи байоса и бат, несогласно на серии Лэднер отложилась серия (группа) Дьюдни Крик (180—300 м), состоящая из массивных неяснослоистых полимиктовых песчаников с прослоями конгломератов, часто с обильной гранитной галькой.

Мощной серией (группой) Горы Джекэсс несогласно перекрываются вышеописанные юрские отложения. Эта серия охватывает промежуток времени от позднего готерива до позднего альба. Она знаменует собой трансгрессию мелководного моря после продолжительного поднятия и эрозии. В серии Горы Джекэсс наряду с морской фауной встречаются обломки окаменевших деревьев, нередко наблюдается косая слоистость. В верхах ее описаны нижнеальбские конгломераты.

Верхнемеловые (сеноман и моложе) отложения серии (группы) Пасейтен состоят из аркозовых песчаников, конгломератов и алевролитов,

частично угленосных. Здесь появляются континентальные пестроцветные отложения. Считается, что бассейн Пасейтен был одним из многочисленных изолированных бассейнов, существовавших в юго-западной части Британской Колумбии.

5. В конце раннего мела в северной части Каскадных гор имели место поднятия, эрозия, складко- и надвигообразование и внедрение многочисленных интрузий, главным образом гранитоидного состава. По радиометрическим данным, эти интрузии имеют возраст 80—76 млн. лет.

6. Вдоль сбросовой зоны р. Фрейзер в узких грабенах накопились пресноводные эоценовые осадки. Кое-где в Каскадных горах известны и эоценовые базальты.

7. Вдоль меридиана г. Хоуп в олигоцен-миоценовое время внедрились гранитные интрузии Чилливэк и Сноквалли, 23—20 млн. лет (рис. 39).

В геосинклинальном поясе Канадских Кордильер наиболее широко проявлены месторождения собственно-геосинклинальной стадии, подчеркнута приуроченность к трисовым вулканогено-осадочным толщам с линзами известняков («Группа Никола»). Сюда относятся многие крупные месторождения медных руд. Не менее важны месторождения полиметаллических руд и золота, связанные с юрскими интрузиями гранитоидов или более основных пород, прорывающих триасово-юрские геосинклинальные толщи. Так, к скарнам, образованным в зоне контакта средне-триасовых карбонатных пород и юрских гранитоидов, приурочено известное месторождение Феникс. Золоторудное месторождение Хедли тяготеет к контакту верхнетриасовых отложений Никола с юрскими диоритами и габбро. К другому типу относится месторождение Коппер Маунтин, находящееся на окраине концентрически-дифференцированного штока, сложенного серией пород от пироксенитов до пертитовых пегматитов. Медные залежи прослеживаются в полосе измененных верхнетриасовых вулканитов андезитового состава.

С умеренно-кислыми интрузивами небольшого размера и субвулканическими телами с повышенной щелочностью связаны медные и медномolibденовые месторождения («порфировые»), а также золото-серебряные месторождения. Очень редки позднепалеогеновые месторождения ртути (Пинчи Лейк).

«Береговой плутонический комплекс» — замечательный геолого-структурный элемент Западной Канады, развитый в Береговых Горах (Береговой Кордильере). Это протяженный (общая длина 1760 км) сравнительно узкий пояс (80—160 км) гранитоидных интрузий, занимающий площадь 143 тыс. км². Вмещающие породы на окраинах Берегового гранитоидного пояса принадлежат преимущественно мезозойским вулканитам. Останцы кровли в пределах самого пояса обычно настолько метаморфизованы, что их возраст остается неизвестным и условно принимается мезозойским. Установлено, что обломки гранитоидов в древних осадочных породах вблизи пояса редки. В небольшом количестве они встречаются в верхней юре и нижнем мелу и обильны в верхнем мелу.

По данным канадских геологов У. Гутчинсона и Дж. Роддика (W. Hutchison, J. Roddick), в Береговом поясе распространены следующие породы: 1) гранодиориты и кварцевые диориты — 50%; 2) диориты, диоритовые мигматиты и габбро — 15%; 3) гнейсы и мигматиты — 15%; 4) метаосадочные и метавулканические породы — 10%; 5) кварцевые монзониты — 5%; 6) различные неметаморфизованные породы — 5%.

Нормальные граниты весьма редки, сиениты наблюдаются в немногих выходах. Наиболее обычные породы пояса кварцевые диориты биотитово-роговообманковые, содержащие около 5% калиевого полевого шпата. Переход этих пород в гранодиориты обычно постепенный.

Определение возраста плутонов, как правило, затруднительно. Вмещающие породы, содержащие фауну, редки. В большинстве случаев приходится руководствоваться радиометрическими данными. В северной

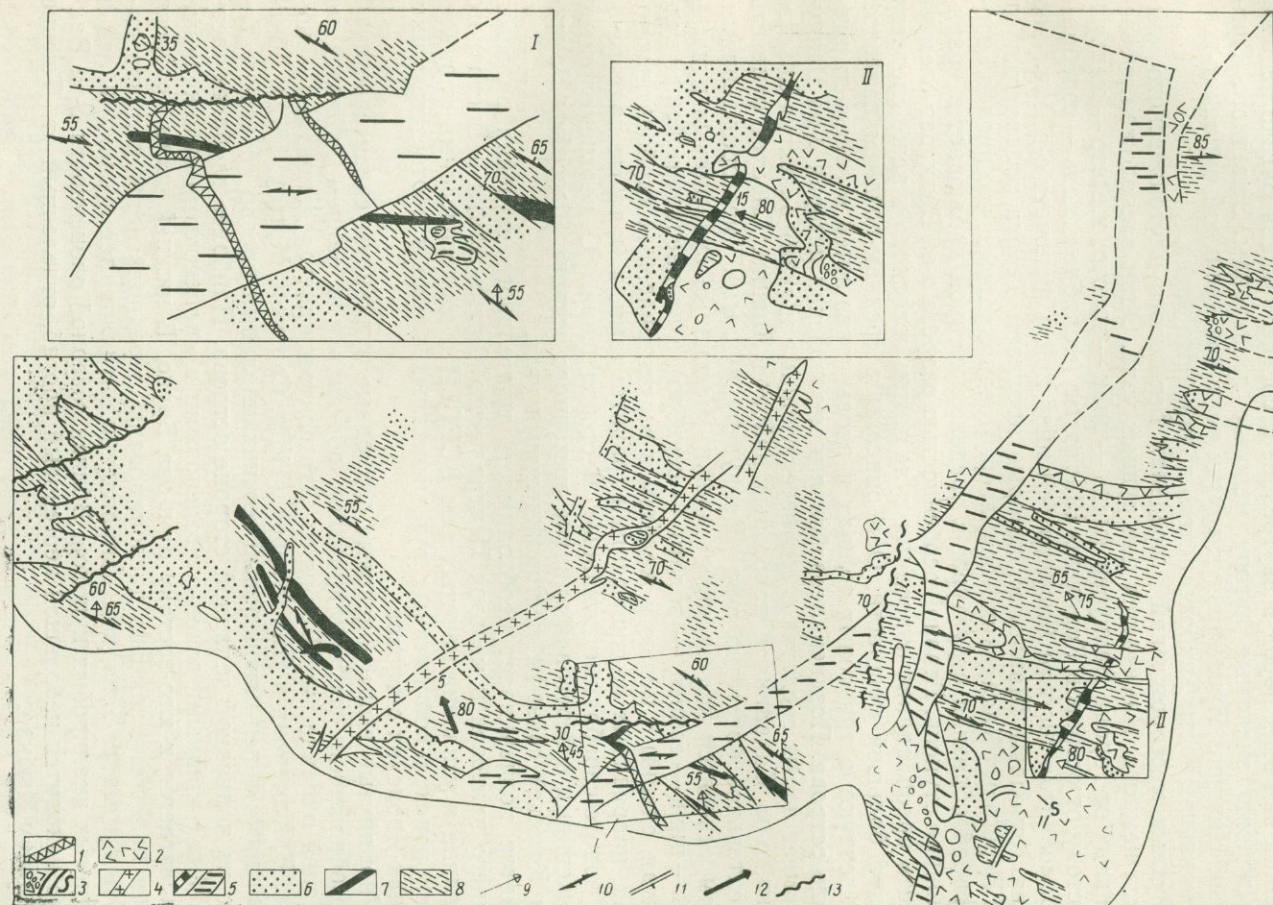


Рис. 40. Выходы гранитоидов Берегового плутонического комплекса в Колфилд Парк к северу от города Ванкувер (Taggard и др.)

- 1 — аплиты и пегматиты;
- 2 — гранодиориты (меловые?);
- 3 — гранодиориты (с включениями и шлирами);
- 4 — порфиритовый андезит;
- 5 — листоватый андезитовый порфирит;
- 6 — аплиты и пегматиты гранатсодержащие;
- 7 — расслоенные кварцевые монзониты;
- 8 — гнейсы Колфилд (доюрские) — слоистые амфиболиты и однородные крупнокристаллические амфиболиты;
- 9 — линейность;
- 10 — сланцеватость;
- 11 — осевая плоскость складки;
- 12 — ось складки;
- 13 — сбросы

части пояса, согласно Гутчинсону, возраст интрузивов изменяется от 140 млн. лет на западе до 45 млн. лет на востоке. Намечаются три региональные зоны, следующие в целом параллельно генеральному простиранию пояса. Наиболее древняя группа массивов составляет западную зону (140—84 млн. лет), промежуточная по возрасту группа образует центральную зону (77—64 млн. лет) и, наконец, значительное число небольших по возрасту плутонов тяготеет к восточной части Берегового пояса. Возраст этих молодых (40—55 млн. лет) интрузивов согласуется с средним определением возраста развитых здесь же палеогеновых потоков и туфов (45—49 млн. лет).

Вместе с другими участниками экскурсии (руководитель К. Таггерт) нам удалось познакомиться с хорошо обнаженным участком побережья к северу от города Ванкувер, сложенного меловыми гранитоидами (рис. 40). Внешний вид этих пород и внутреннее строение массива близко напоминает хорошо знакомые автору меловые гранитоиды Западного Приохотья, Нижнего Приамурья и других регионов западной окраинно-континентальной части Тихоокеанского подвижного пояса.

Рудных месторождений в пределах Берегового плутонического комплекса немного. Намечается два рудных узла. Один расположен к северу от города Ванкувер (медь — цинк — золото; железо — медь) и к востоку от островов Королевы Шарлотты (молибден; медь — серебро).

Складчатая система Инсуляр («Insular Belt») включает о-в Ванкувер и о-ва Королевы Шарлотты, которые проливом Георга отделяются от цепи Береговых Канадских Кордильер. Предполагается, что пролив Георга прабенообразная структура, в пределах которой наблюдается гравитационная ступень. Главной особенностью разреза о-ва Ванкувер следует считать преобладание подводных вулканитов основного и реже среднего состава большой мощности. Они описаны в среднем-позднем палеозое, господствуют в триасовых толщах и вновь появляются в эоцене на юго-западе острова. Позднепалеозойская и мезозойская история о-ва Ванкувер имеет черты сходства с соответствующими эпохами развития Сихотэ-Алиня, о-ва Сахалина и некоторых районов Японии. Следует отметить относительное богатство о-ва Ванкувер рудными месторождениями. К ним относятся колчеданные залежи (массивные сульфидные руды — медь — цинк — свинец — золото — серебро) в позднепалеозойских вулканитах, скарны с медью и железом в верхнетриасовых карбонатных породах, прорванных позднеюрскими гранитоидами, и молодые палеогеновые золото-серебряные жильные месторождения. С верхнемеловыми отложениями в береговой равнине восточного острова (бассейны Нанаимо и Комокс) связаны месторождения угля.

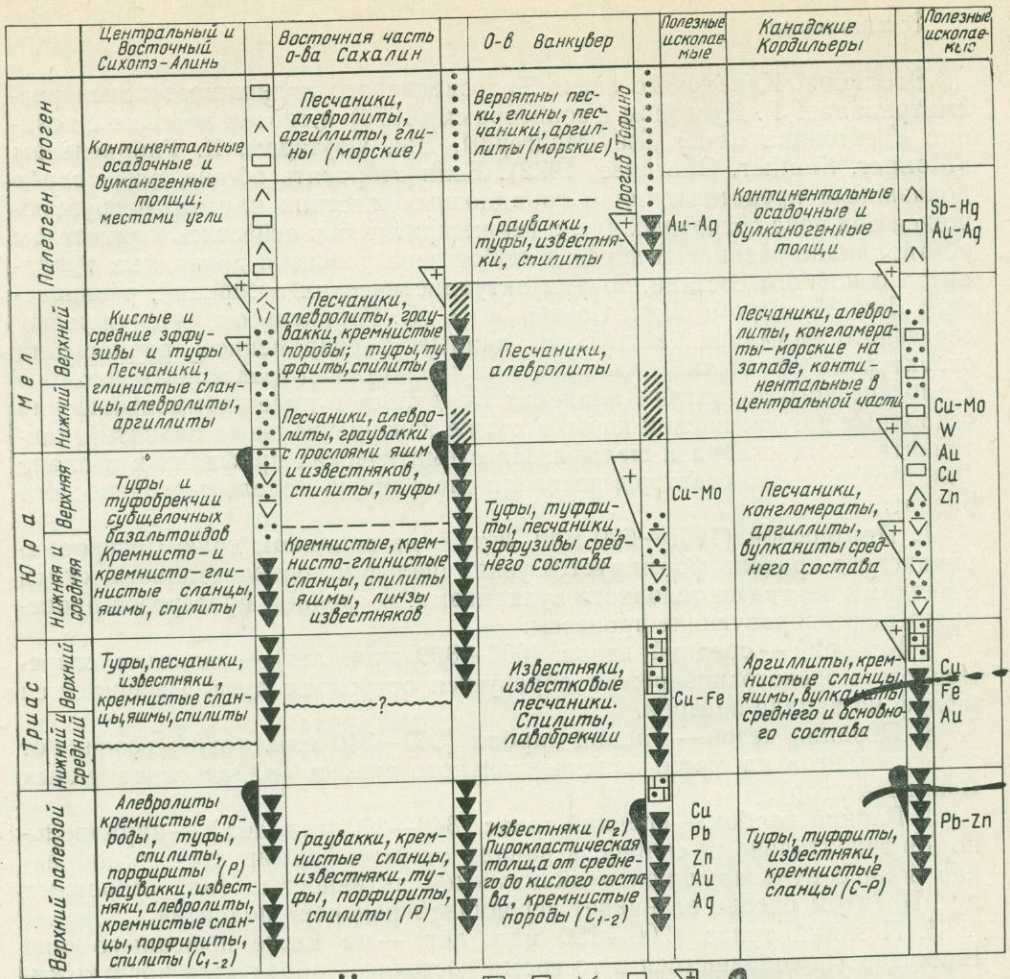
Автор подчеркивает необходимость тщательного изучения разрезов позднего палеозоя и мезозоя Центрального Сихотэ-Алиня и Восточного Сахалина и усиление начатых там ВСЕГЕИ и геологическими управлениями поисков колчеданных руд, известных также в соответствующих толщах Японских островов.

Упомянутые выше эоценовые подводные вулканиты свидетельствуют о возобновлении геосинклиальной обстановки в раннем кайнозое на западной окраине о-ва Ванкувер. Это подтверждается данными Д. Тиффина, Е. Камерона и Дж. Муррей (Tiffin, Cameron, Murray, 1972), обнаружившими эоцен-плиоценовый геосинклиальный прогиб (бассейн) Тофино на подводной западной стороне острова. Наиболее глубокая часть бассейна с мощными эоцен-олигоценными и миоценовыми отложениями располагается к юго-востоку от п-ова Бруко. В нижней части разреза толщи палеогена заметно дислоцированы. Предполагается наличие вытянутых в северо-западном направлении антиклиналей и синклиналей и глинистых диапировых куполов. Вблизи северной оконечности о-ва Ванкувер находится небольшой неогеновый прогиб, отделенный от Тофино поднятием Кьюкво.

Заклучение

Эволюция Канадского звена Тихоокеанского подвижного пояса рассматривалась Р. Дугласом с соавторами (1970) и совсем недавно с позиции «Тектоники плит» Дж. Монгером, Дж. Соутером, Х. Габриельсом (Monger, Souther, Gabrielse, 1972). Если отбросить общие, еще слабо доказанные представления о грандиозных жестких плитах, погружающихся под пояс островных дуг, а также критически отнестись к гипотезам об «подлинно-океанской коре» в любой зоне развития подводных вулканитов основного состава, то ряд актуалистических воззрений, развиваемых Дж. Монгером, Дж. Соутером и Х. Габриельсом, заслуживают серьезного внимания. Используя данные о современном размещении структур на океанских окраинах, они попытались представить историю геологического развития Канадских Кордильер в виде взаимоотношений островных дуг, океанской коры, а также континентальных поднятий, континентального склона и шельфа. На схематических профилях и в плане Дж. Монгер и его соавторы показали следующую модель тектонического развития:

1. Протерозой (1600—600 млн. лет) — на западном краю Североамериканского кратона формируется узкий шельф и континентальный склон с редкими центрами основного вулканизма. В среднем протерозое происходят рифтообразующие процессы.
 2. Кембрий — средний девон (600—360 млн. лет) — западнее современного морского побережья образуется островная дуга. Расширяется шельф на западе кратона.
 3. Поздний девон — ранний карбон (360—340 млн. лет) — возникают зоны надвигов на месте континентального склона (район современных Скалистых гор).
 4. Ранний карбон — средний триас (340—200 млн. лет.) — параллельно континентальному склону, к западу от него формируется своеобразная зона с пульсирующей вулканической активностью типа островных дуг. В Тихом океане возникает «срединноокеанское» поднятие.
 5. Поздний триас (200—180 млн. лет) — на месте нынешнего о-ва Ванкувер (находившегося в то время восточнее) образуется короткоживущая рифтовая зона.
 6. Ранняя юра (180—170 млн. лет) — тектоническая обстановка между континентальным склоном и океаном в пределах современных Кордильер — усложняется. Возникают поднятия, кластические бассейны между островными дугами и местами наложенные и унаследованные впадины и передовые прогибы. Непосредственно к западу от системы (пояса) Инсуляр прослеживается гигантский надвиг под континент.
 7. Средняя юра — средний мел (170—100 млн. лет) — существенно расширяются поднятия. Между ними образуются внутриконтинентальные бассейны типа Боузер.
 8. Средний мел — олигоцен (100—25 млн. лет) — резко возрастает роль континентального вулканизма и гранитообразования. Формируются надвиги Скалистых гор.
 9. Миоцен — современный период (25 млн. лет и позднее) — происходят излияния миоцено-плиоценовых плато — базальтов и активная деятельность плиоценовых — современных вулканов.
- Следует подчеркнуть, что большое значение Дж. Монгер, Дж. Соутер и Х. Габриельс придают зонам опускания на краю океанских плит (зонам субдакции), особенно активным в позднем палеозое и триасе, а также аллохтонности структурных элементов Канадских Кордильер в это время по отношению к автохтонному Североамериканскому кратону.
- Достоинство построений авторского коллектива канадских геологов состоит в привлечении внимания к большой подвижности окраинно-океанской зоны в течение длительной эволюции Канадских Кордильер и



▼ 1 // 2 ▼ 3 :: 4 : 5 □ 6 □ 7 < 8 □ 9 ▼ 10 ▼ 11

Рис. 41. Сопоставление сводных разрезов позднего палеозоя, мезозоя и кайнозоя некоторых регионов Тихоокеанского подвижного пояса

Формации: 1 — кремнисто-вулканогенные; 2 — граувакково-туфовые; 3 — туфито-андезитовые (реже базальтоидные); 4 — терригенно-флишиодные; 5 — терригенные; 6 — терригенно-карбонатные и карбонатные; 7 — терригенно-флишиодные и континентальные — неразделенные; 8 — порфиристые (риолито-дацитовые, риолитовые, реже андезитовые); 9 — континентальные моласоидные (осадочные и вулканогенные); 10 — гранитоиды; 11 — гипербазиты, реже базиты

установление возможных тектонических связей с возникающими и исчезающими фрагментами океанских поднятий и островных дуг.

Однако можно, по нашему мнению, представить себе и более простой путь развития Канадских Кордильер — структуры длительного, в целом унаследованного ортогеосинклинального развития от позднего кембрия (или ордовика, судя по подводным вулканитам в архипелаге Александра) и до ранней — средней юры включительно. «Истинные» островные дуги типа современных восточноазиатских или Карибской здесь не формировались. Автору этой статьи более строгой кажется система взглядов японских геологов (М. Минато и др.), признающих возникновение островной дуги в миоцене, тогда как ранее в Ниппонской геосинклинали были фациальные обстановки, лишь слабо напоминающие режим островных дуг.

С другой стороны, «опосредствованное» влияние глубинных движений под океаном на рядом расположенный континент несомненно весьма велико. Можно присоединиться к тем исследователям, которые прослеживают: а) широтные восточнотихоокеанские разломы на Северо-Американский континент, связывая с ними деление его на поперечные сегменты, что в свою очередь имеет значение для размещения цепочек интрузивов и металлогенических зон; б) меридиональные и северо-северо-западные разломы (рифты), проникающие от Восточно-Тихоокеанского хребта через Калифорнийский залив к рифтовым долинам Юта и Рву Скалистых гор. Не исключено, что позднемеловая («ларамийская») складчато-надвиговая активизация (не «складчатость» в обычном понимании!) Скалистых гор и эоценовый интрузивный и эффузивный магматизм Внутреннего плато Оканаген и смежных территорий являются порождением этой ветви Восточно-Тихоокеанского поднятия.

Несколько слов в заключение о чертах сходства (и различия) некоторых подвижных зон западной окраины Тихоокеанского подвижного пояса и Канадских Кордильер.

На рис. 41 даны сводные характеристики позднего палеозоя, мезозоя, палеогена и неогена пояса Инсуляр, континентальных Канадских Кордильер, Центрального и Западного Сихотэ-Алиня и Восточного Сахалина. Все эти геосинклинали отличаются обилием подводных вулканитов примерно одновозрастных и однотипных. Ближе к Тихому океану развиваются и наиболее молодые морские бассейны, лишь частично выведенные на поверхность. Большая часть их обнаружена геофизическими методами (прогиб Тофино к западу от о-ва Ванкувер и прогиб Дерюгина к востоку от о-ва Сахалин). Эти подводные окраины заслуживают самого пристального внимания в отношении нефтегазоносности. Серьезные исследования должны быть поставлены для поисков эндогенной минерализации западноканадского типа в Центральном Сихотэ-Алине и Восточном Сахалине.

Литература

- Бергер В. И., Ицксон М. И. Основные черты металлогении северо-восточной части Тихоокеанского пояса (Северо-Западные Кордильеры и Аляска).— Сов. геология, 1972, № 1.
- Лич Г. Б. Борозда Скалистых гор.— В кн.: Система рифтов Земли. Изд-во «Мир», 1970.
- Смирнов В. И. Соотношение сингенетических и эпигенетических процессов при формировании стратиформных месторождений цветных металлов.— В кн.: Минеральные месторождения. Изд-во «Наука», 1972.
- Хаун В. Е. Региональная геотектоника. Изд-во «Недра», 1971.
- Bally A. M., Gordy P. L., Stewart G. A. Structure, seismic data and orogenesis evolution of the Southern Canadian Rocky Mountains. Ed. Shell Canada Ltd. Calgary—Edmonton, 1966.
- Jeletzky J. A. Jurassic and Cretaceous rocks along Hope-Princeton highway and Lookout Road, Manning Park. British Colum. Ottawa, 1972.
- King P. B. The Tectonics of North America.— A Discussion to Accompany the Tectonic Map of North America. Scale 1 : 5 000 000. Geological Survey Prof. Paper 628, Washington, 1969. Русский перевод, Изд-во «Мир», 1972.
- Monger J. W. H., Preto B. A. Geology of the Southern Canadian Cordillera. Guidebook.— Intern. geol. Congr. XXIV session., Montreal, Quebec, 1972.
- Monger J. W. H., Souther J. G. and Cabrielse H. Evolution of the Canadian Cordillera: a Plate Tectonic Model.— Am. Journ. Sci., 1972, 272.
- Taggart K. C. Tectonic History of the Northern Cascade Mountains.— Thr Geol. Assoc. of Canada, Special paper, 1970, N 6.
- Taggart K. C., Thompson R. M. Geology of Part of the Northern Cascades in Southern British Columbia.— Canad. Journ. of Earth Sci., 1967, 4, p. 1199.
- Tiffin D. L., Cameron B. E. B., Murray J. W. Tectonics and Depositional History of the Continental Margin of Vancouver Island, British Columbia.— Can. J. Earth Sci., 1972, 9, p. 280.

Д. П. Резвой

МОГУТ ЛИ КАНАДСКИЕ КОРДИЛЬЕРЫ СЛУЖИТЬ МОДЕЛЮ «ТЕКТОНИКИ ПЛИТ»?

Заглавие статьи подсказано статьей канадских геологов Дж. Монгера, Дж. Соутера и Г. Габриельса, которая называется «Эволюция Канадских Кордильер — модель тектоники плит» (Monger, Souther, Gabriels, 1972). Если принять во внимание, что Дж. Монгер был главным руководителем экскурсии С-03 XXIV Международного геологического конгресса, а упомянутая статья явилась основой программы этой экскурсии, станет понятным риторический вопрос, поставленный в нашем заглавии. Ответы на риторические вопросы чаще всего бывают отрицательные. Попробуем разобраться в проблеме, следуя маршрутом этой прекрасно подготовленной и весьма интересной экскурсии через Канадские Скалистые горы и Кордильеры.

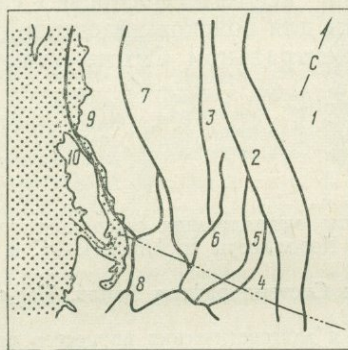


Рис. 42. Главные структурные единицы Канадских Кордильер (Monger, Preto, 1972)

- 1 — собственно платформа;
- 2 — пояс Скалистых гор;
- 3 — кристаллический пояс Оминька;
- 4 — антиклинорий Перселл;
- 5 — свод Кутней;
- 6 — метаморфический комплекс Шусвап;
- 7 — Межгорный пояс;
- 8 — пояс Каскадных гор;
- 9 — Береговой магматический комплекс;
- 10 — Островной пояс

Экскурсия С-03 пересекла всю систему Канадских Кордильер вдоль границы с США и, начавшись в городе Калгари в пределах западной части Североамериканской платформы, закончилась на о-ве Ванкувер уже на берегу Тихого океана. Пересечение весьма разнородных тектонических зон было бы невозможно без специальной предварительной подготовки всего маршрута и без отличного путевода, составленного большой группой канадских геологов (P. Gordy, G. Leech, H. Morris, J. Fyles, J. Eletzky, K. McTaggart и др.) под общим руководством главных гидов экскурсии Дж. Монгера и В. Прето (Monger, Preto, 1972).

Главные структурные элементы Канадских Кордильер, выделенные этими авторами, следующие (с востока на запад): собственно платформа (Interior Platform), пояс Скалистых гор, Кристаллический пояс Оминька (включая сюда горы Перселл, Селькирк и Монаши), Межгорный пояс (Intermontane Belt), пояс Каскадных гор, Береговой плутонический комплекс и Островной пояс (Insular Belt; рис. 42).

Впечатления от экскурсии

Попробуем дать очень краткую формационно-структурную характеристику пересеченным экскурсией тектоническим зонам в манере, привычной большинству советских геологов и с добавлением тех соображений, которые возникали при непосредственном полевом знакомстве с канадской геологией и с литературой по району.

Окраинная часть платформы и пояс Скалистых гор. Окраинная часть собственно Североамериканской платформы оказалась доступной участникам экскурсии только в самом ее начале около г. Калгари. Как почти на всякой платформе, здесь практически ничего не видно на дневной поверхности и все объяснения и рассуждения были перенесены на графику. Поскольку же восточные предгорья Скалистых гор — богатейшая нефтегазоносная провинция, а количество пробуренных скважин достигает очень большого числа, — изученность платформенного чехла может считаться хорошей.

В разрезе осадочных пород к востоку от Калгари известны кембрийские терригенно-карбонатные (около 300 м), ордовик-силурийские карбонатные (около 100 м), средне- и верхнедевонские карбонатные (порядка 250 м) и верхнемеловые терригенные (400—500 м) отложения. Общая мощность этого типично платформенного и горизонтально залегающего комплекса достигает немногим более 1000 м. В районе самого Калгари, т. е. примерно еще в 50 км от передовых гряд Скалистых гор, мощность разреза возрастает до 3500 м, кроме того, над верхним мелом появляются песчаники и глины палеоцена (около 750 м), а на глубине — известняки нижнего карбона (миссисипий — 250 м).

При дальнейшем прослеживании к западу мощность разреза палеозойских и мезозойских образований неизменно растет, а количество членов в нем увеличивается. Так, уже в передовых грядах мощность нижнего карбона достигает 1250 м, появляются грубые песчаники пермокарбона (250 м), терригены триаса (до 1000 м) и юры (500 м). Мощность меловых отложений (неоком-маастрихт) достигает здесь 3000 м.

Мощность палеозойского разреза становится максимальной в главной гряде Скалистых гор, где на песчано-сланцевом комплексе кембрия (уже 2000 м) появляется еще более мощный сланцевый нижний ордовик (2500 м), выше которого лежат доломиты ордовик-силура (500 м). Если допустить, что остальные члены палеозойского разреза, во всяком случае средний и верхний девон и нижний карбон, также отлагались в этом прогибе (Monger, Preto, 1972), то общая величина палеозойского прогибания достигала в нем 8000 м, а с добавлением триаса и юры — превышала 10 000 м. В пределах главной гряды Скалистых гор известны также протерозойские породы, представленные сланцами, песчаниками и известняками серии Белт, чрезвычайно близкие по своему характеру и степени метаморфизма палеозойским отложениям, мощность их в зоне главной гряды оценивается в 2000 м (Кинг, 1961).

Таким образом, общая доступная наблюдению мощность протерозойско-палеозойского осадочного комплекса Скалистых гор превышает 12 000 м. По своему формационному набору палеозойские образования большинством исследователей признаются миогеосинклинальными, что подтверждается их практически полной амагматичностью и весьма слабой степенью метаморфизма. Миогеосинклинальные формации слагают здесь крупное тело в форме трехгранной, сильно уплощающейся к востоку призмы, возникшей на месте глубокого и асимметричного прогиба, постепенно сливавшегося с плоским прогибом платформы. Естественным западным ограничением этого прогиба признается «Ров Скалистых гор» («Rocky Mountain Trench»), западнее которого палеозойские и мезозойские образования имеют ограниченное распространение (Monger, Preto, 1972; рис. 43).

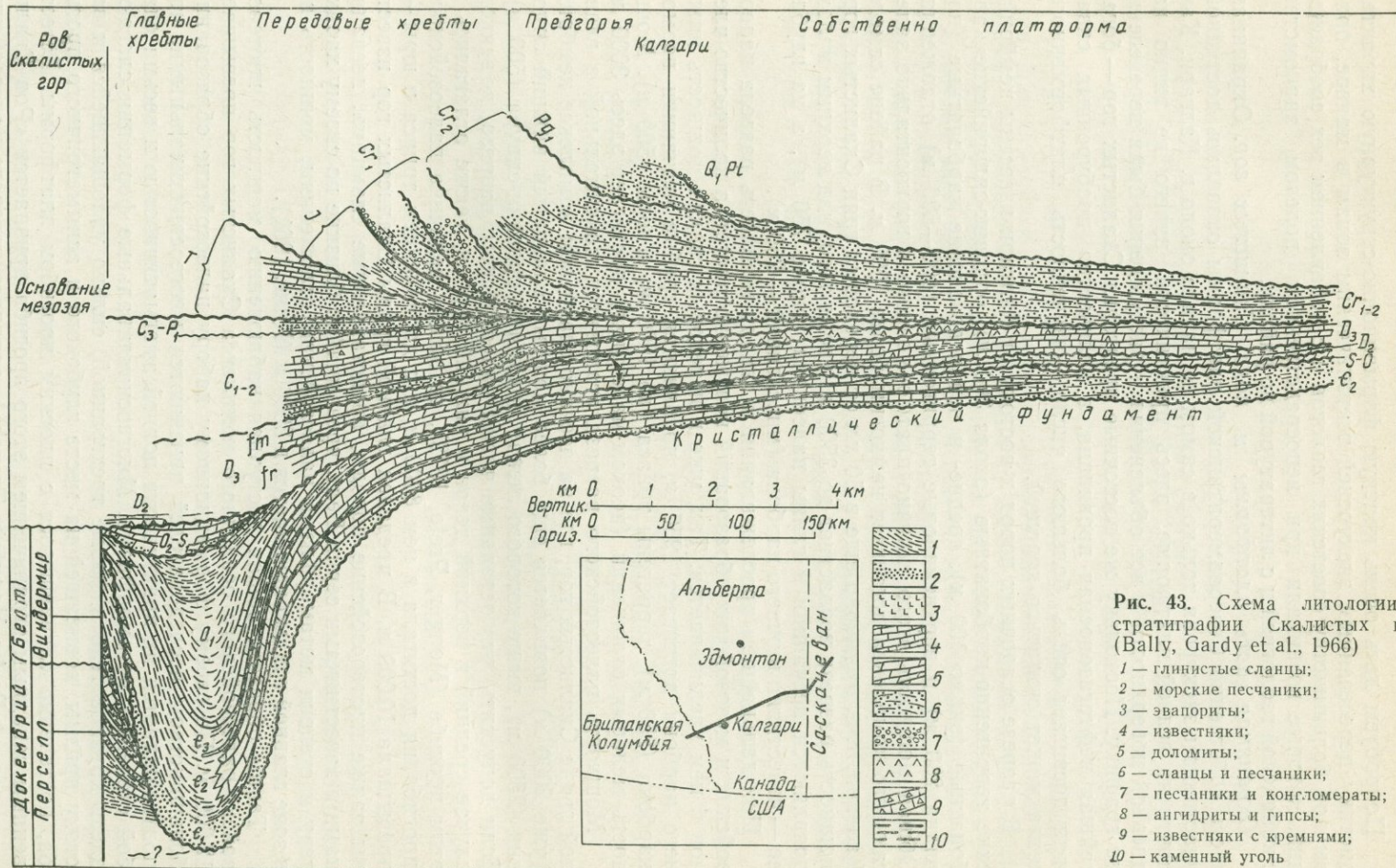


Рис. 43. Схема литологии и стратиграфии Скалистых гор (Bally, Gardy et al., 1966)

Мезозойские образования Скалистых гор носят лагунно-континентальный характер и образованы в сходном асимметричном прогибе, ось которого, однако, смещена несколько к востоку в область предгорий, а сами отложения обязаны своим происхождением размыву поднимающихся Скалистых гор и более западных внутренних частей Кордильер, откуда поступал вулканогенный обломочный материал. Соответственно палеоген-неогеновое заполнение прогиба сместилось еще дальше к востоку. Напомним, что применительно к этим прогибам канадские геологи иногда употребляют термин «краевые» («fordeeps») (Bally et al., 1966).

Структура Скалистых гор отличается постепенным нарастанием сложности с востока на запад. Как пишет Е. Шоу (1967), «объем фактического материала, который может быть использован для интерпретации геологического строения Канадских Скалистых гор, не имеет себе равных во всем мире; но о западной половине Скалистых гор мы знаем главным образом лишь по картированию. Таким образом, суждение о структуре гор в трех измерениях еще в значительной мере основано на экстраполяции данных».

В целом эту структуру можно охарактеризовать как чешуйчато-надвиговую с образованием целой системы блоков, полого падающих в западном направлении и надвинутых друг на друга в восточном. Как показало бурение в предгорьях, многие пластины — чешуи при своем движении к востоку, антиклинально изогнуты и служат ловушками для нефти и газа, что хорошо видно на разрезе месторождения Тернер Вели (рис. 44), посещенного нами во время экскурсии. Общее выполаживание отдельных частных надвигов и объединение их в общие пологие нарушения представляются здесь вполне вероятными. Менее ясен вопрос о нарушенности или ненарушенности самого кристаллического фундамента, поскольку, как правило, он скважинами не вскрыт. Не дают ответа на этот вопрос и геофизические данные (Bally et al., 1972). Нам представляется, что фундамент вполне может быть разбит на блоки и с успехом участвовать в общем чешуйчатом строении. Проблема эта не нова, а различные варианты ее решения хорошо показаны Ф. Кингом в его разрезах Скалистых гор (Кинг, 1961; рис. 45).

Что касается главных гряд Скалистых гор, то их чешуйчато-надвиговая структура, видимо, достаточно доказана, хотя углы падения надвигов становятся здесь значительно круче, а их выполаживание книзу весьма сомнительным. Особенно показателен в этом отношении пример эффективной и хорошо известной по открыткам горы Кроуэст в центральной части Скалистых гор. Эта вершина представляет собой тектонический останец девонских и каменноугольных известняков полого и синклинально залегающих на терригенах верхнего мела и надвинутых на них по известному «надвигу Левис». Однако уже в 3 км к западу те же самые известняки достаточно круто ($45-50^\circ$) вместе с надвиговой поверхностью погружаются к западу, чем и доказывается увеличение углов падения надвигов с глубиной.

Другой тектонический останец, показанный участникам экскурсии, — это гора Хосмер около г. Ферни в долине Элк-Ривер. Здесь восточное вертикальное крыло антиклинальной складки, сложенное известняками верхнего девона и нижнего — среднего карбона, подрезано снизу пологим нарушением и лежит на юрской терригенной толще. Не имея оснований не доверять детальным съемкам и ограничившись наблюдением этого интересного обнажения только издали, мы, тем не менее, склонны выразить удивление, что эта пологая тектоническая граница, где соприкасаются породы весьма разной механической прочности (карбон — известняки, юра — сланцы), не нашла никакого выражения в рельефе и в профиле оврага, спускающегося с горы Хосмер в сторону наблюдателя. Нет ли здесь геометрической ошибки и не принят ли крутой сброс за пологий надвиг?

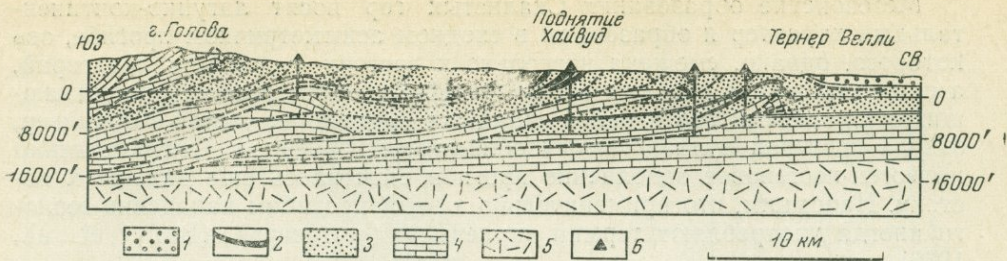
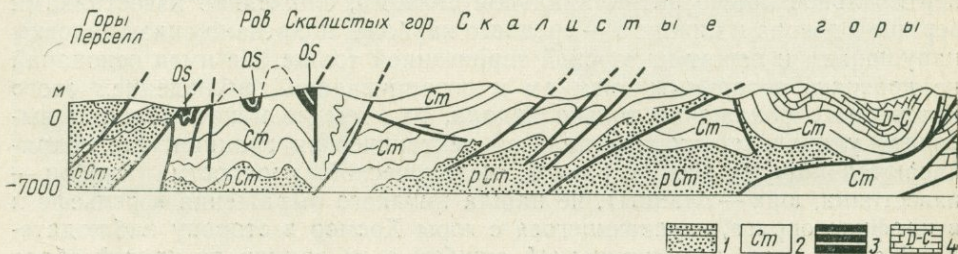


Рис. 44. Разрез через месторождение Хайвуд и Тернер Велли (Bally, Gardy et al., 1966)
 1 — третичные отложения; 2 — песчаники «кардиум» (верхний мел); 3 — терригенный мезозой; 4 — палеозойские карбонатные породы; 5 — докембрийский фундамент; 6 — буровые скважины

Но даже если гора Хосмер и является останцом палеозоя на сплошном поле юры, то западнее, уже в главной гряде, подрезающий ее надвиг, носящий то же имя, становится крутым и падает к западу (Bally et al., 1972).

Таким образом, как нам кажется, общей закономерностью поведения надвигов Скалистых гор является их более крутое падение при прослеживании к западу, т. е. в более гипсометрически низких их частях. Любопытно отметить, что в самой западной части Скалистых гор рядом исследователей отмечено обратное, т. е. восточное падение поверхностей надвигов, как это хорошо подчеркнуто на профилях Ф. Кинга (Кинг, 1961). Таким образом, в осевой части этих гор намечается подобие веерообразного антиклинория с достаточно поднятым докембрийским ядром. Легко видеть, что подобная трактовка сильно отличается от того профиля, который был предложен участникам экскурсии (рис. 46), где нет даже намеков на веерообразность структуры и на обязательность подъема допалеозойского фундамента, который обнажается к югу от ущелья р. Элик-Рибер, по которой проходил маршрут экскурсии. К сожалению, эти интересные места участникам экскурсии были показаны весьма бегло, о чем следует пожалеть, поскольку именно здесь можно видеть допалеозойское основание разреза, находящееся в автохтонном залегании. Пробел был несколько восполнен детальной картой, подготовленной специально для экскурсии одним из ее гидов Г. Личем.

«Ров Скалистых гор» — «Rocky Mountain Trench» — так назвал Р. Дели (Daly, 1912) своеобразную узкую и удивительно прямолинейную тектоническую долину, или вернее систему долин, протянувшуюся из Монтаны (США) в Канаду на расстояние свыше 1600 км. Почти на всем протяжении Ров Скалистых гор выполнен четвертичными, миоценовыми, а на глубине, вероятно, олигоценными и эоценовыми рыхлыми отложениями относительно небольшой мощности (до 1500 м). Местами на поверхность выходят маломощные известняки девона и карбона, слагающие дно этой впадины (Bally, Cordy, 1972; Monger, Preto,

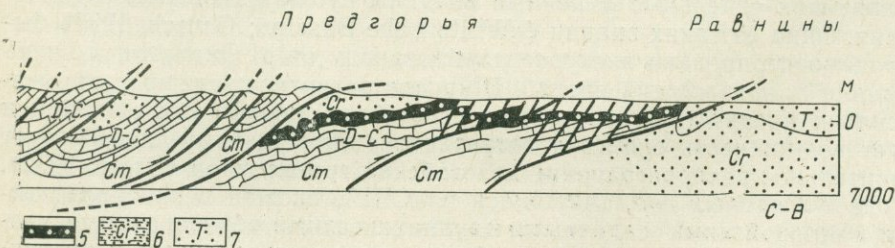


1972; Leech, 1972). С запада «Ров» ограничен крутым разломом Мюррей, на этом его борту участникам экскурсии, среди залесенного склона, было показано хорошее обнажение, где девонские конглобрекции с легким несогласием ложатся на песчаники и аргиллиты свиты Перселл (верхний протерозой). Таким образом, была наглядно продемонстрирована общая редукция палеозойских толщ к западу, которая происходит вдоль всей зоны «Рва» (кембрийские известняки исчезли из разреза еще восточнее). Литературные сведения о природе Рва Скалистых гор достаточно противоречивы и довольно скудны. Р. Дели (Daly, 1912) трактовал «Ров» как грабен и зону разломов, К. Эванс (Evans, 1932), отрицая горизонтальные сдвиги вдоль «Рва», склонен связывать его образование с выклиниванием палеозойских толщ (мы бы высказались по этому поводу за обратную соподчиненность явлений). К подобным же взглядам близок А. Иртли (1954). Ф. Кинг считает, что «Ров» «отмечает сбросовую зону между горными структурами различного возраста — внутренними хребтами, деформированными в течение раннемезозойского времени и Скалистыми горами, деформированными позже, в течение ларамийской орогении» (Кинг, 1961, стр. 232). (Интересно сделанное к книге Ф. Кинга примечание редактора русского перевода В. Хаина: «Представляется весьма вероятным, что здесь проходит крупная зона глубинного разлома, к которой приурочены шовные прогибы») (там же). Следует заметить, что в справочных материалах, предложенных участникам экскурсии (Bally et al., 1966; Leech, 1972) и в объяснениях, которые давались во время экскурсии, были приложены значительные усилия к тому, чтобы изобразить Ров Скалистых гор в качестве совсем молодого (палеоген — неоген) структурного элемента, образованного много позже проявления «фаз надвигообразования», заложенного на «ненарушенном, слегка наклоненном к западу фундаменте» и связанным с «системой пологих и изогнутых лопатообразных (Listric faults) нормальных сбросов» (Bally et al., 1966, стр. 16). Попытка смазать глубинное значение «Рва» предпринята и на всех графических приложениях к упомянутым работам (Bally et al., 1966; Monger et al., 1972). Всюду «Ров» выглядит как более или менее частное нарушение горизонтальных, а главное надвинутых друг на друга пластин, что вряд ли отвечает действительности (рис. 46).

Интересной особенностью строения Рва Скалистых гор в районе Форт Стил-Кранбрук являются крутые разломы северо-восточного направления, пересекающие оба его борта. Один из разломов — Диббл (Dibbl — fault), разделяет блоки с разным разрезом палеозоя: в южном — на протерозое залегает только средний девон, в северном — мощный разрез кембрия, ордовика и более молодых пород. Такое же соотношение наблюдается и на западном борту «Рва», где блоки с разным разрезом контактируют по разлому Мойё (Moyie Fault; Leech,

Рис. 45. Разрез через Скалистые горы от Тернер Велли до гор Перселл (по Кингу, 1961)

1 — серия Белт и Виндермир (докембрий); 2 — кембрий; 3 — ордовик и силур; 4 — девон и карбон; 5 — юра; 6 — мел; 7 — третичные отложения



1972). Подобная поперечная зональность формаций свидетельствует, по нашему мнению, об общем блоковом строении региона, где разломы пересекающихся направлений выкалывают участки с различным разрезом пород.

Кристаллический пояс Оминка. В восточной части этого пояса выделяют крупный антиклинорий гор Перселл, занимающий обширное (до 100 км в поперечнике) пространство к западу от Рва Скалистых гор. В ядре антиклинория — кварциты, доломиты и аргиллиты свиты Перселл. На участке между городами Кимберлеем и Крестоном, вдоль маршрута экскурсии, преобладали северо-восточные простирания пород и было видно общее погружение всего ядра к северу (Morris, 1972). Создается впечатление о северном периклинальном замыкании антиклинория. Западное его крыло было пересечено к западу от Крестона. По данным Е. Шоу (1967), протерозой достигает в горах Перселл своей максимальной мощности, что позволяет говорить об интенсивном протерозойском прогибании, которое в начале палеозоя сменилось поднятием. Очевидно, тогда же и был заложен антиклинорий гор Перселл. На западе все это сооружение ограничено «Рвом Перселл» («Pursell Trench»; Morris, 1972) — зоной разломов, прослеживающейся на расстоянии свыше 400 км и уходящей на юго-востоке в штат Айдахо (США). Ров Перселл — очень четкая граница разной степени метаморфизма — к западу от него он резко усиливается. По нашему мнению, есть основания считать «Ров Перселл» тоже зоной глубинного разлома.

Западнее преобладают гранитоидные породы мезозойского и третичного возраста, сильно затрудняющие выяснение геологической истории. Палеозойские выходы, известные здесь в малом числе мест, датируются как пермо-карбон и представлены чередующимися аргиллитами и известковистыми сланцами с крутым падением, местами они превращены в кристаллические сланцы. По мнению некоторых канадских геологов, это самые древние породы западных Кордильер (Preto, 1972; Monger et al., 1972). Последнее обстоятельство, как будет видно из дальнейшего, играет немаловажную роль при построении «Модели глобальной тектоники», поскольку на этом факте обосновывается предположение об отсутствии древней континентальной коры к западу. Расположенный по соседству массив глубоко метаморфизованных пород «группы Гранд-Форк Шусвап» (гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты, мраморы; силлиманит — альмандин — ортоклазовая субфация регионального метаморфизма) признается мезозойским (Preto, 1972).

Системы меридиональных разломов ограничивают метаморфический комплекс с востока и запада (разломы Кетль-Ривер и Гренби) и уходят на юге за пределы Канады, где образуют крупный грабен. Судя по резкому изменению всего разреза, здесь можно наметить зону достаточно важного глубинного разлома.

«Межгорный пояс» или «Внутреннее плато» — своеобразная тектоническая зона, выделяемая в ряде работ (Monger et al., 1972; Preto, 1972, и др.) и полностью теряющая свою ширину к государственной границе Канады и США. Характерной особенностью пояса служит весьма широкое развитие третичных грубообломочно-вулканогенных образований, выполняющих отдельные линейные впадины субмеридионального простирания. Одна из таких впадин («White Lake Basin»; Church, 1972) была продемонстрирована экскурсантам к западу от р. Оканаган и очень напомнила приразломный прогиб. Широкое развитие третичных отложений сильно препятствует изучению здесь более древних образований и не дает возможность судить о дотретичной истории, чему способствует и значительное распространение мезозойских гранитоидов (Preto, 1972).

Пояс Каскадных гор, тянущийся из США, сложен верхнепалеозойскими и мезозойскими осадочными и вулканическими образованиями различной степени метаморфизма и обильно пронизан юрскими и третич-

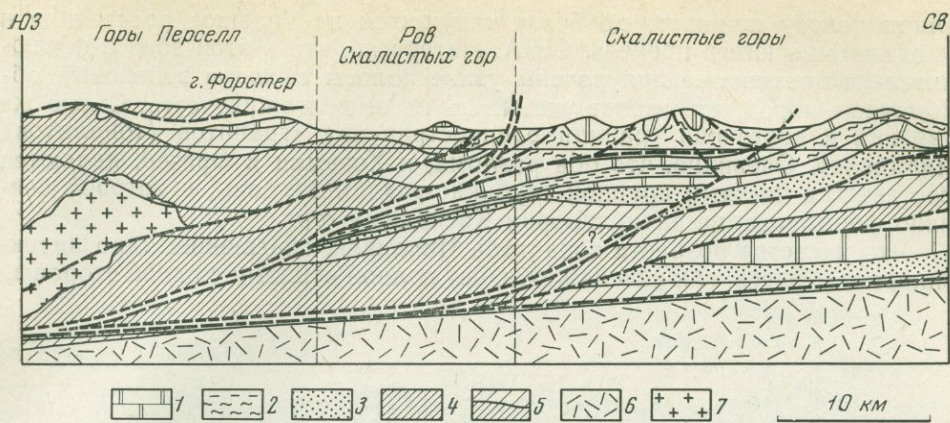


Рис. 46. Разрез через Скалистые горы (Bally, Gardy et al., 1966)

Верхний палеозой: 1 — карбонатные породы; нижний палеозой: 2 — глинистые сланцы, 3 — песчаники; протерозой: 4 — свита Виндермир, 5 — свита Перселл, 6 — кристаллический фундамент (щит), 7 — гранитоиды

ными (?) гранитоидами (Monger, Preto, 1972). Особого интереса здесь заслуживает пояс мезозойских пород Маннинг Парка, представленный неметаморфизованным терригенным комплексом большой мощности (больше 10 000 м) и отвечающий по возрасту нижней юре верхнему мелу (Jeletzky, 1972). Пояс ограничен разломами и имеет грабен-синклинальное строение. Породы выглядят местами как настоящий флиш, местами на востоке появляются конгломераты. Мощность отдельных свит уменьшается к востоку, откуда шел снос материала. Для верхней части разреза (альб) характерно присутствие аркозовых песчаников, которые выше переходят в красноцветы. Есть основание полагать, что эта часть разреза образована сносом материала с запада. По своему формационному облику мезозой Маннинг Парка напоминает межгорный прогиб с длительным опусканием в течение всего юрского и начала мелового периода. На чем лежат породы этого прогиба, точно не установлено.

Каскадные горы, расположенные непосредственно к юго-западу, образуют сложный веерообразный антиклинорий, что хорошо показано на прилагаемом профиле (рис. 47; McTaggart, Monger, 1972). Ядро антиклинория сложено тоналитами Чилливак (Chilliwack), гнейсами, кварцитами и другими глубокометаморфизованными породами и ограничено с востока и запада складчатыми поясами относительно слабометаморфизованных пород, возраст которых довольно условно определяется в широких пределах — верхний палеозой — нижний мел включительно. Восточное крыло антиклинория — толща полосчатых кремнистых пород (ribbon chert), зеленокаменных сланцев, спилитов, лав и известняков — так называемой «группы Хозамин». Складки этих пород опрокидываются к востоку и разбиты многочисленными разломами, падающими к западу, характерна сланцеватость, плейчатость и сильная измятость (McTaggart, Thompson, 1967). От мезозойского комплекса Маннинг-Парка это крыло антиклинория Каскадных гор отделено «разломом Хозамин» («Hozamenn fault»), описанным впервые Дели (Daly, 1912), а затем Г. Рейсом (Rice, 1947), который дал ему название и утвердил его в ранге «взброса с падением к западу». Значительная часть зоны этого разлома к востоку от р. Фрезер занята протяженными серпентинитовыми телами, представляющими собой протрузивные образования, имевшие первоначально перидотитовый состав (McTaggart, Thomson, 1967). Это разлом, носящий, по нашему мнению, все черты глубинного, пересекается к северу от г. Хоп с другой крупной зоной — «зоной разломов р. Фрезер» («Fraser River fault zone») меридионального простирания, выраженной развитием пояса глубокометаморфизованных пород (Cuister Gneiss), образу-

ющих полосу шириною до 5 км, тянущихся на большое расстояние и уходящих на юге в пределы США. Интересно, что к этой зоне с исключительной четкостью приурочены узкие полосы выходов эоценовых обломочных пород, что может указывать на ее долгоживучесть. С нею же связана и восточная граница распространения «гранитов (тоналитов) Чилливак». Очевидно, что оба разлома, и Хозамин и Фрезер, являются составными частями крупной глубинно-разломной зоны, с которой связано формирование антиклинория Каскадных гор.

Что касается возраста тоналитов Чилливак, слагающих ядро антиклинория, то здесь, как нам кажется, нет полной ясности: с одной стороны,

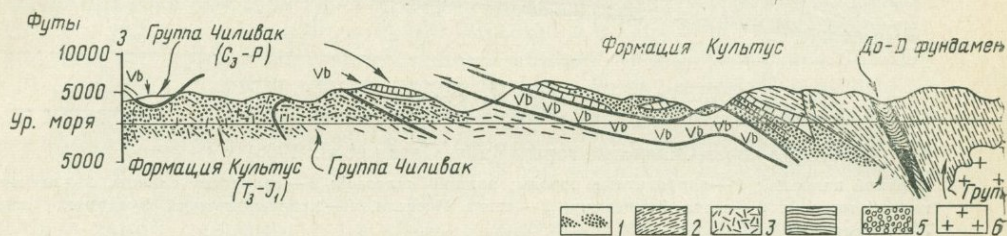


Рис. 47. Разрез через антиклинорий Каскадных гор (McTaggart, Monger, 1972)

1 — песчаники; 2 — пелиты; 3 — мезозойские гранитоиды; 4 — кремнистые породы; 5 — конгломераты; 6 — кайнозойские гранитоиды; 7 — карбонатные породы; 8 — гнейсы и кристаллические сланцы; 9 — гипербазиты; 10 — пирокластические породы; 11 — эффузивы (основные); 12 — разломы

дается K-Ar возраст в пределах 16—59 млн. лет (палеоген-миоцен) (McTaggart, Monger, 1972), с другой — есть несомненные указания как о налегании эоценовых конгломератов на изверженные породы, так и об интрузивных контактах с ними (McTaggart, Thomson, 1967).

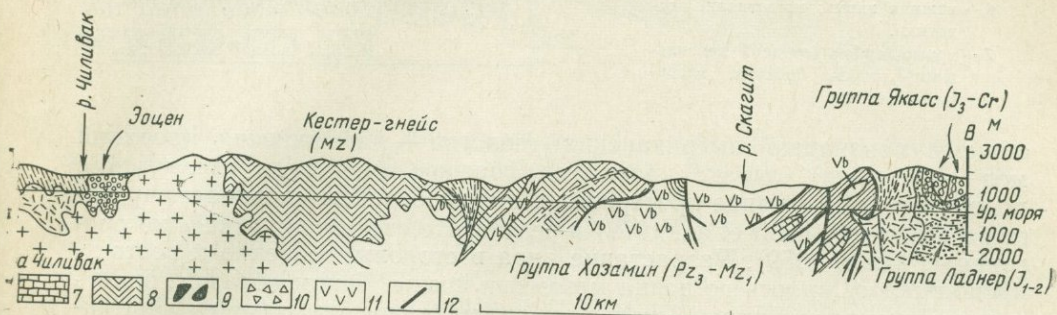
Что касается наших впечатлений, то общая геологическая обстановка свидетельствует, скорее, против миоценового возраста тоналитов.

Западное крыло антиклинория Каскадных гор построено в своей основе мощными обломочно-вулканогенными, с известняковыми прослоями, образованиями карбона и перми («формация Чилливак») и пелитами, глинистыми сланцами, песчаниками верхнего триаса и юры («формация Культус»). Весь этот комплекс, обладающий весьма большой мощностью, близок по возрасту формации Хозамин восточного крыла антиклинория, но содержит меньше вулканогенного материала. Из долины р. Чилливак (левый приток р. Фрезер) экскурсантам были показаны опрокинутые и лежащие осложненные надвигами складки (рис. 47). Эти складки отлично подчеркивают общее антивергентное и антиклинорное строение Каскадных гор.

Заключительная часть экскурсии прошла через г. Ванкувер с выходом на южный край так называемого «Берегового кристаллического комплекса» («Coast cristalline complex», McTaggart, 1972) и далее, после переправы на пароме, вышла на о-в Ванкувер, где и была закончена в столице Британской Колумбии — Виктории.

На этом последнем этапе пересечен самый западный тектонический элемент Канадских Кордильер — *Островной пояс* (Insular Belt). Пролив Джорджия, отделяющий о-в Ванкувер от континента, приурочен к крупному межгорному прогибу с профилем одностороннего грабена и восточным ограничением по крутому разлому сбросового типа. Прогиб выполнен толщей верхнемеловых и частично третичных обломочных пород мощностью свыше 3000 м (восточная часть о-ва; McTaggart, 1972). Разрез самого острова отличается относительной полнотой и большой мощностью. Здесь можно выделить (Muller, 1972) три главных комплекса: первый — среднепалеозойские основные и средние эффузивы, частично метаморфизованные и гранитизированные, выше которых лежат нижнепермские маломощные известняки и терригены; второй — триасовые

основные эффузивы (6000 м) и нижнеюрские средние эффузивы (до 1830 м), разделенные карнийскими известняками и норийской песчано-сланцевой толщей общей мощностью до 1525 м. Разрез завершается несогласно налегающими верхнемеловыми угленосными образованиями (до 2750 м); третий — базальтовые покровы и пиллоу-лавы эоцена. Интрузивные породы представлены средне- и верхнеюрскими гранитами (142—181 млн. лет) и третичными габбро.



Структурная позиция всего этого громадного формационного тела удивительно проста и изображена на рис. 48 (Muller, 1972). Именно этот разрез был продемонстрирован участникам экскурсии, которые могли убедиться в его моноклиналильном строении и слабом метаморфизме. Как указывает этот же автор, для структуры всего острова характерны блоковые перемещения по крутым разломам. Мелкие складки приурочены только к зонам разломов и контактам с интрузиями.

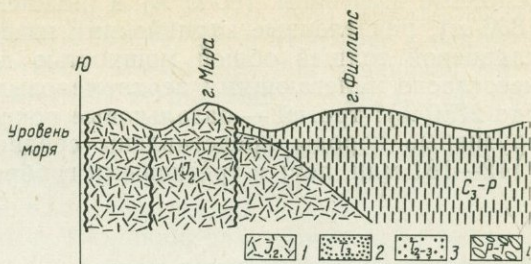
Попытка синтеза геологической истории

Краткий обзор тектонических зон Канадских Кордильер позволяет перейти к рассмотрению общего структурного профиля этой горной страны и к истории ее развития. Здесь можно выделить два крупных антиклинория — Перселл и Каскадных гор и достаточно обширное пространство «Межгорного пояса», частично занятого крупными массивами гранитоидных и метаморфических пород, частично глубоким мезозойским прогибом (Манинг-Парк). Узкие протяженные зоны, отделяющие эти единицы друг от друга и разбивающие их на отдельные части, можно отнести к категории глубинно-разломных («Ров Скалистых гор», «Ров Перселл» и др.).

Антиклинорий Перселл следует, по нашему мнению, трактовать более расширенно, чем это делается (Moggis, 1972), и считать, что он представляет собой крупное антиклинорное сооружение, состоящее, по крайней мере, из двух единиц, описанных выше: Пояса Скалистых гор и восточной части Кристаллического пояса Оминика, что составляет в ширину около 150 км. Ядром этого сооружения служит протерозойская свита Перселл, собранная в широкие и открытые складки. Выклинивание палеозойских и мезозойских комплексов в направлении к ядру позволяет думать, что оно оставалось приподнятым в течение очень длительного отрезка времени, во всяком случае с начала палеозоя. Восточным крылом антиклинория можно считать весь Пояс Скалистых гор, отделенный от ядра глубинным разломом — Рвом Скалистых гор. Длительное формирование прогиба в течение всего палеозоя и мезозоя завершилось его вовлечением в общее поднятие (инверсия). Это поднятие, начавшись сперва на западе, в зоне ядра, мигрировало затем к востоку и благодаря гравитационному расползанию, привело к созданию чешуйчато-надвиговой структуры Скалистых гор. Возраст формирования этой структуры по

Рис. 48. Разрез вдоль озера Бутль, о-в Ванкувер (Muller, 1972)

- 1 — средняя юра, граниты;
- 2 — верхний триас, известняки и песчаники;
- 3 — 5 — пермо-триас: 3 — базальты, 4 — пиллоу-лава, 5 — габбро и диабазы;
- 6 — нижняя пермь, известняки, песчаники,
- 7 — пермо-карбон (средний пенсильванский), туфы, брекчии, хлоритовые сланцы



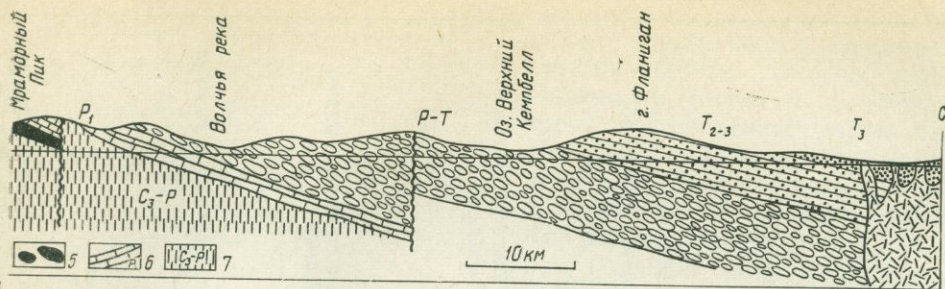
общему признанию американских геологов — ларамийский (верхний мел — палеоцен), однако начало ее формирования надо связывать с поднятием ядра в конце протерозоя и с образованием «довиндермирского несогласия» (Balli et al., 1972) в результате «восточно-кутнейской орогении» (White, 1959). Разрастание ядра в стороны, особенно к востоку, продолжалось вплоть до конца мезозоя и позже. Таким образом, временем заложения структуры Скалистых гор надо считать, в нашем понимании, байкальскую тектоническую эпоху. Этапы, отвечающие каледонскому и герцинскому тектоническим этапам, проявлены значительно слабее. Механизм образования чешуйчатой структуры более южной части Скалистых гор (США) в результате воздымания докембрийских ядер с их последующим гравитационным расползанием хорошо показан А. Ирдли (1967) и представляется вполне реальным (рис. 49).

Западное крыло антиклинория Перселл выражено хуже, чем восточное, и сложено известняками и кварцитами нижней кембрия, а в ядрах отдельных синклиналей черными сланцами ордовика. Все породы собраны в крупные складки, опрокинутые к западу (Fyles, 1972). Значительная часть западного крыла уничтожена юрскими гранитоидами (батолит Нельсон.)

Таким образом, антиклинорий Перселл выступает как длительно развивавшийся веерообразный антиклинорийный элемент структуры, зародившийся в позднем докембрии путем обращения миогеосинклинали протерозойского прогиба и завершивший свое становление где-то в палеогене или даже позже. Последнее подкрепляется тем соображением, что новейшие движения, создавшие современный горный рельеф, оказались наиболее интенсивными именно в осевой части антиклинория (горы Перселл, Селкирк и главный хребет Скалистых гор).

Межантиклинорийное пространство, отвечающее «Межгорному поясу», дает, как уже указывалось, мало данных для суждения о его структуре. Самым выразительным является, пожалуй присутствие здесь громадной мощности мезозойских слабометаморфизованных терригенных пород, образующих относительно простую синклинорийную форму, не испытавшую последующего обращения. С известной долей условности можно считать эту структуру синклинорием, разделяющим оба антиклинория (рис. 50).

Антиклинорий Каскадных гор, в отличие от антиклинория Перселл, следует рассматривать как структуру, явно обращенную, возникшую в результате инверсии и развившуюся из достаточно глубокого прогиба, формирование которого началось не позднее раннекаменноугольной эпохи, а последующее заполнение шло при постоянном участии вулканических процессов с накоплением спилито-кератофировой формации большой мощности. Время инверсии прогиба Каскадных гор в соответствии с большинством литературных источников лежит в пределах верхней юры — нижний мел и сопровождалось интенсивной гранитизацией, мигматизацией и метаморфизмом («Береговой интрузивный комплекс» нева-



дийской эпохи). Однако, как указывает Е. Шоу, «после плутонизации Западной Кордильеры отдельные поднятия и спорадический вулканизм продолжались в течение всего мела и палеоцена» (Шоу, 1967, стр. 157).

«Островной пояс» привлекает внимание своим совершенно особым стилем тектонического развития. Громадная мощность палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений (свыше 20 000 м), спокойное синклинорное залегание, слабый метаморфизм, умеренный интрузивный магматизм (юра) и основные эффузивы по всей мощности разреза — составляют значительный контраст с Каскадными горами и позволяют полагать, что здесь мы находимся в области продолжающегося прогибания (впадина пролива Джорджия), не сменившегося еще инверсией, если не считать новейшего поднятия, приведшего к образованию высокогорного рельефа о-ва Ванкувер (2160 м). Отсутствием инверсии следует, видимо, объяснить и то слабое развитие складчатых форм, которое наблюдается на этом острове.

Резюмируя впечатления, хочется отметить то главное, что прежде всего обращает на себя внимание в Канадских Кордильерах, это чрезвычайно отчетливая линейность всех структурных элементов, столь характерная для всего запада Американского континента. Эта линейность находит свое выражение в конфигурации крупных плутонов, в необычайно резкой смене полос метаморфизма различной

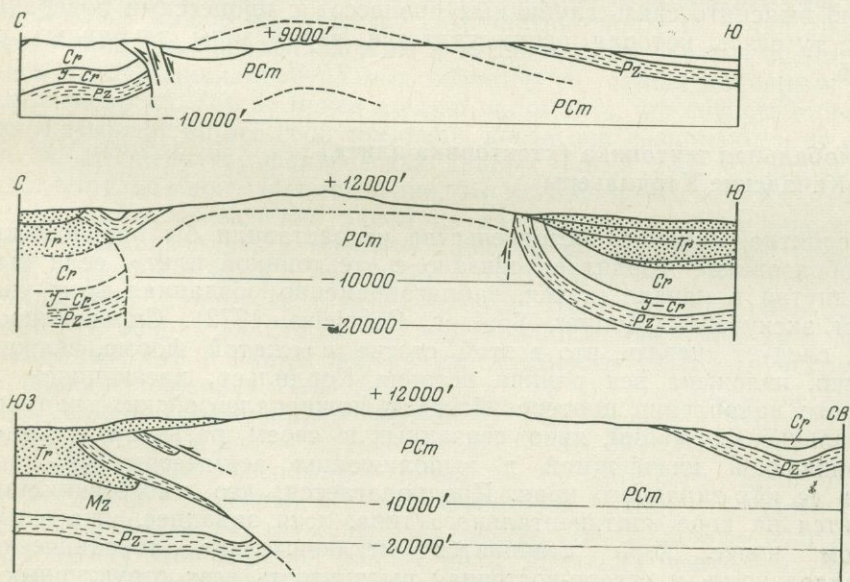


Рис. 49. Геологические разрезы Скалистых гор США, показывающие образование надвигов из краевых сбросов (по Ирдли, 1967)

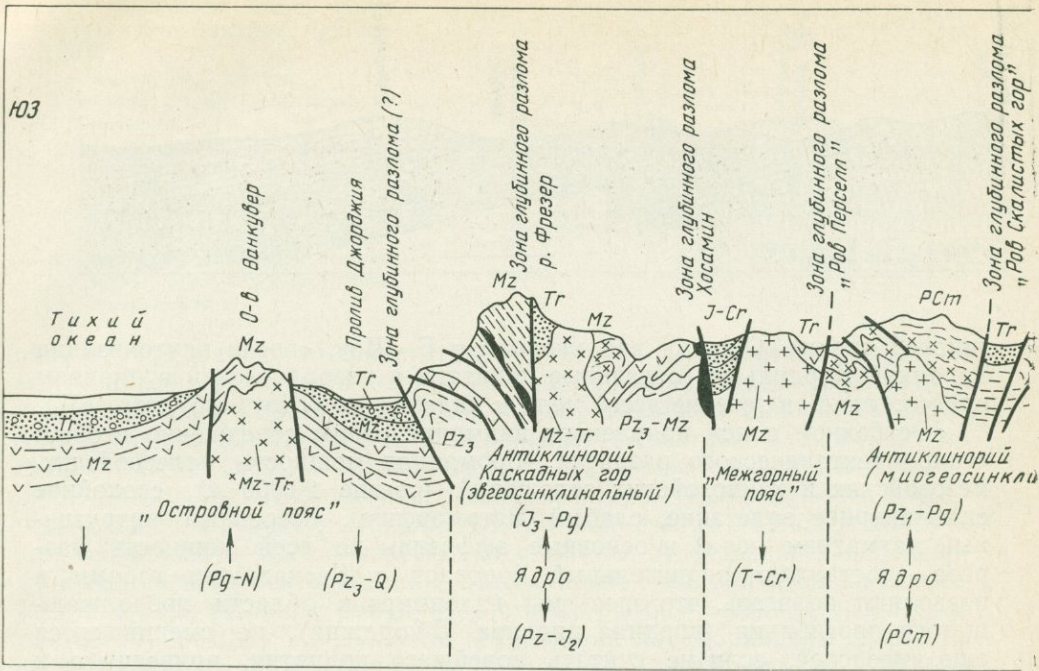
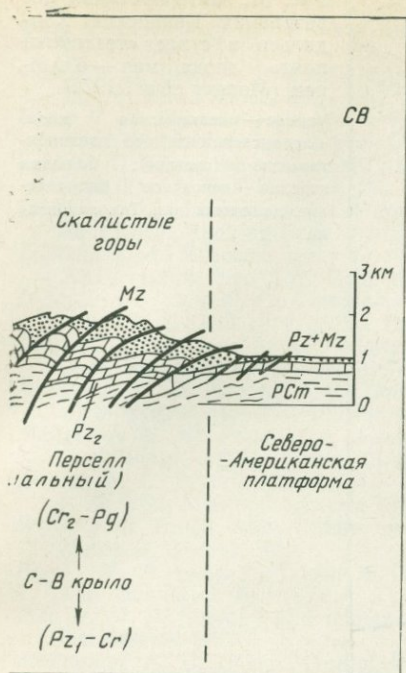


Рис. 50. Схема формирования важнейших структурных элементов Канадских Кордильер

степени, в распределении геологических формаций, в развитии узких линейных прогибов, выполненных третичными и четвертичными образованиями. Крупные линейные зоны, вдоль которых происходят эти резкие изменения, должны привлечь внимание к их изучению. Нам кажется, что Кордильеры являются тем идеальным местом, где так удобно выяснять связь глубинных процессов с процессами поверхностными, ту связь, которая осуществляется через зоны глубинных разломов.

Глобальная тектоника («тектоника плит») и Канадские Кордильеры

Вероятно, никакие обстоятельства не заставили бы предположить, что образование Кордильер связано с «тектоникой плит», если бы не упомянутая в начале статьи, заблаговременно розданная всем участникам экскурсии (Monger, Souther, Gabrielse, 1972). Справедливости ради, следует сказать, что в этой статье в сжатой форме, но очень хорошо, изложена вся ранняя история Кордильер, касающаяся длительного накопления протерозойских и нижнепалеозойских миогеосинклинальных формаций, явно связанных в своем развитии с Северо-Американской платформой и выполняющих асимметричный прогиб вдоль ее юго-западного края. Предполагается, что миогеосинклираль покоится на коре континентального типа, хотя западнее, уже в Межгорном поясе, кора становится исключительно «океанической». Параллельность и северо-восточная вытянутость всех структурных направлений и самого «края континента» объясняется авторами статьи развитием в палеозое многочисленных разломов (rifting), которые способствовали разделению коры на отдельные блоки — пластины, а затем помогли и перемещению всей западной части к северо-западу,



как это предложено в упоминаемой авторами работе Джонса, Ирвина и Овеншайна (Jones et al., 1972) и в которой предполагается отрыв Аляски от Калифорнии с ее перемещением к северу. Пришедшая же в соприкосновение с континентальной корой Канадских Кордильер кора океаническая начинает с большой скоростью (2 см в год) поддвигаться в северо-восточном направлении под Восточные Кордильеры и Скалистые горы, где и возникает зона «погружения» («subduction zone»). Не пытаюсь понять, почему именно над такой «зоной» возникает гранитообразование и вулканическая деятельность, укажем только, что, как явствует из построений авторов статьи, «зона погружения» мигрирует со временем к западу и в мезозое и кайнозое располагается уже на месте современной береговой линии континента, приводя ко всем основным событиям, известным в Кордильерах и Скалистых горах: образованию плутонов Берегового хребта, метаморфизму, поднятию хребтов, опусканию межгорных впадин, а также к образованию надвигов в Скалистых

горах. Мы приводим заключительный рисунок (рис. 51, мел — олигоцен) из целой серии ему подобных, чтобы показать, как просто (но, к сожалению, мало понятно) представляют себе авторы цитируемой статьи все многообразие и сложность развития такой крупной и действительно глобальной системы, какой являются Канадские Кордильеры. Мы не вступаем здесь в спор по существу выдвинутой гипотезы, точки зрения для этого слишком противоположны и несовместимы. Нельзя спорить, находясь на принципиально разных позициях по самым основным положениям геологии. Тем не менее следует напомнить, что авторы добросовестно указывают на все свои сомнения, когда они возникают и не пытаются скрыть нехватку фактических данных, когда она очевидна. Таких мест в статье много. Нет сомнения, что канадские коллеги в своем стремлении найти объяснение одной из важнейших проблем мировой геотектоники оказались в плену модной, но пока абсолютно умозрительной и незрелой идеи о растекании океанического дна, пользующейся поддержкой далеко не у всех геологов. Вряд ли следовало эту идею класть в основу экскурсии Международного геологического форума. Напомним, что в нашей литературе сущность гипотезы «спредингга», недавно изложенная Л. Зоненшайном (1971), неоднократно подвергалась хорошо обоснованной критике В. Белоусовым (1970), Ю. Пушаровским (1972) и др.

Здесь уместно вспомнить слова Н. С. Шатского, приведенные в предисловии к русскому переводу известной сводки по геологии Северной Америки, принадлежащей А. Ирдли (1954). Давая общую высокую оценку этой крупной работе, Н. С. Шатский вынужден упомянуть о том, что «американская тектоническая геология является наукой, в основном, формальной, избегающей исследований генетических соотношений структур и вопросов их происхождения и развития» (стр. 4 и 5). Несмотря на то, что слова Н. С. Шатского относятся к эпохе почти двадцатилетней давности, справедливость их не стала меньшей.

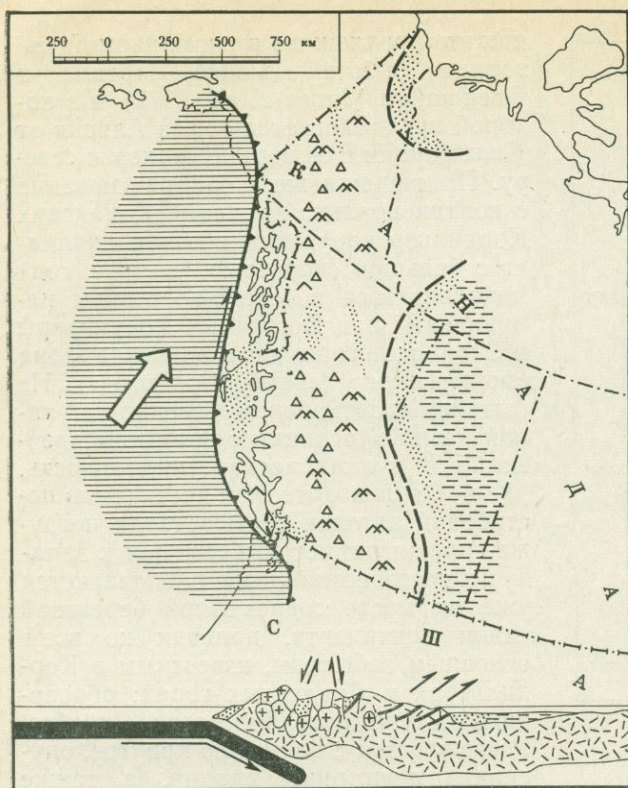


Рис. 51. Интерпретация образования Канадских Кордильер в стиле «тектоники плит», эпоха мел — олигоцен (Monger et al., 1972)

Черное — океаническая кора, поддвигающаяся под континентальную (светлое); большая стрелка — вероятное направление движения дна Тихого океана

Иллюстрацией тому служит рассмотренная статья канадских исследователей, дающая, как нам кажется, образец формального и механического подхода к серьезной тектонической проблеме.

Ответ на поставленный в заглавии вопрос может быть дан только однозначно — Канадские Кордильеры не могут служить моделью «тектоники плит».

Литература

- Белюсов В. В. Об одной гипотезе развития океанов. — Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отдел геол., 1970, № 4.
- Зоненшайн Л. П. Геосинклиальный процесс и «новая глобальная тектоника». — Геотектоника, 1971, № 6.
- Ирдли А. Дж. Структурная геология Северной Америки. ИЛ, 1954.
- Ирдли А. Дж. Связь между поднятиями и надвигами Скалистых гор. — В кн.: Кордильеры Америки. Изд-во «Мир», 1967.
- Кинг Ф. Б. Геологическое развитие Северной Америки. ИЛ, 1961.
- Кэй М. Геосинклинали Северной Америки. ИЛ, 1963.
- Пушаровский Ю. М. Принципы тектонического районирования океанов. — Геотектоника, 1972, № 6.
- Хаин В. Е. Предисловие к кн. Ф. Б. Кинга: «Геологическое развитие Северной Америки», ИЛ, 1961.
- Шатский Н. С. Предисловие к книге А. Ирдли: «Структурная геология Северной Америки», ИЛ, 1954.
- Шейнман Ю. М. К истории формирования Кордильер. — Геол. сб., 1956, № 2—3; 1957, № 4; 1958, № 5—6.
- Шоу Е. В. Канадские Скалистые горы и их положение во времени и пространстве. — В кн.: Кордильеры Америки. Изд-во «Мир», 1967.
- Bally A. M., Gordy P. L., Stewart G. A. Structure, seismic data and orogenesis evolution of the Southern Canadian Rocky Mountains. Ed. shell Canada Ltd. Calgary — Edmonton, 1966.
- Church B. N. The Early Tertiary succession and basement rocks of the Okanagan Valley. — Intern. geol. congr. XXIV session. Guidebook. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.

- Daly R. A.* Geology of the North American Cordillera at the 49 the parallel.— *Geol. Surv. Canad. Met.*, 38, 1912.
- Evans C. S. Brisco* — Dogtooth map — area British Columbia.— *Geol. Surv. Canad. Dep. of mines Summ. Rep.*, 1932, Pt A II.
- Foose R. M.* Secondary structures associated with vertical uplift in the Beartooth Mountains, Montana.— *Intern. geol. congr. XXI session. Norden, Pt. 18. Copenhagen, 1960.*
- Fyles J. T.* Selkirk and Monashee Mountains.— *Intern. geol. congr. XXIV session. Guidebook. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.*
- Jeletzky J. A.* Jurassic and Cretaceous rocks along Hope-Princeton highway and Lookout Road, Manning Park. British Colum. Ottawa, 1972.
- Jeletzky J. A.* Mesozoic rocks of Manning Park area. Guidebook.— *Intern. geol. congr. XXIV session. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.*
- Jones D. L., Irwin W. P., Owenshine A. T.* Southeast Alaska a displaced continental fragment? U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 800-B, 1972.
- Leech G. B.* Western Rocky Mountains and Southern Rocky Mountain Trench.— *Intern. geol. congr. XXIV session. Guidebook. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.*
- Monger J. W. H., Souther J. G., Gabrielse H.* Evolution of the Canadian Cordillera: a plate-tectonic Model.— *Am. Journ. of science*, 1972, 272.
- Monger J. W. H., Preto V. A.* Geology of the Southern Canadian Cordillera.— *Intern. geol. congr. XXIV session. Guidebook. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.*
- Morris. H. C.* Purcell Mountains.— *Intern. geol. congr. XXIV session. Guidebook. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.*
- Muller J. E.* Insular belt.— *Intern. geol. congr. XXIV session. Guidebook. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.*
- Preto W. A.* Interior Plateau to Cascade Mountains.— *Intern. geol. congr. XXIV session. Guidebook. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.*
- Rice H. M. A.* Geology and mineral deposits of the Princeton map-area, British Columbia. Ottawa, 1947.
- McTaggart K. C.* Coast Mountains.— *Intern. geol. congr. Guidebook. Exc. A-03; C-03. Montreal, Quebec, 1972.*
- McTaggart K. C.* Geology of part of the Northern Cascades in southern British Columbia.— *Canad. Journ. of Earth Sciences*, 1967, 4, N 6.
- White W. H.* Cordilleran Tectonics in British Columbia.— *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.*, 1959, 43, N 1.

М. Г. Валяшко, А. А. Ярошевский

ГЕОХИМИЯ

На XXIV сессии Международного геологического конгресса работала специальная секция геохимии (десятая), руководителями-организаторами которой являлись Денис М. Шоу и Роберт У. Бойл. Для оглашения на заседаниях секции было принято 79 докладов, сгруппированных по темам в следующие семь групп.

Тема А. Окислительно-восстановительный потенциал в геохимии (петрологическая геохимия), 12 докладов, 2 заседания.

Тема В. Распределение рассеянных и главных элементов в минералах, 12 докладов, 2 заседания.

Тема С. Геохимия редких элементов, 13 докладов, 2 заседания.

Тема D. Источники и природа рудообразующих растворов, 11 докладов, 2 заседания.

Тема E. Геохимия океанов и озер, 14 докладов, 2 заседания.

Тема F. Поисковая геохимия на территориях, охваченных вечной мерзлотой, 8 докладов, 2 заседания.

Тема G. Общие проблемы геохимии, 6 докладов, 1 заседание.

Представленные 79 докладов следующим образом распределялись по странам (если автор принимал участие в докладе совместно с учеными из других стран, каждой стране приписывалось по 0,5 доклада).

Страна	Число представленных докладов	В % ко всем докладам	Страна	Число представленных докладов	В % ко всем докладам
США	22,5	28,5	Индия	1,5	2,0
Канада	17,5	22,2	ЧССР	1	1,3
СССР	12,5	15,8	Мозамбик	1	1,3
ФРГ	4,5	5,7	Португалия	1	1,3
Франция	4	5	Турция	1	1,3
Австралия	4	5	Венесуэла	1	1,3
Швеция	2	2,5	Норвегия	1	1,3
Англия	2	2,5	Саудовская Аравия	0,5	0,7
Япония	2	2,5			

Заседания по теме А — «Окислительно-восстановительный потенциал в геохимии» проходили под председательством П. Родера (США) и Л. Когарко (СССР). Из докладов, заслушанных на этих заседаниях, следует прежде всего отметить доклад Г. Эйгстера (Н. Eugster) из США «Окисление и восстановление в метаморфических процессах». Автор подчеркивает, что окислительно-восстановительные реакции в метаморфическом процессе должны рассматриваться как реакции твердое вещество — газ. При достаточно высоком содержании связанного кислорода в твердых породах (30—60 вес.%)

метаморфические газы практически лишены свободного кислорода и состоят из H_2O , CO_2 , H_2 , CH_4 и CO . Системами, определяющими давление кислорода при метаморфизме, являются равновесия гематит — магнетит и кварц — фаялит — магнетит. Автор считает также широко распространенными при метаморфизме реакции восстановления, связанные с окислением органического вещества; при температурах ниже 500° восстановление определяется, главным образом, реакциями с метаном, при более высоких — с графитом и окисью углерода. Автор дал общую схему распределения кислорода и его летучести на Земле; он считает, что в ядре Земли летучесть кислорода определяется буфером вюстит — железо, в мантии — буфером кварц — фаялит — магнетит, в коре — от кварц — фаялит — магнетит до гематит — магнетит при температурах ниже 400° и от графита до гематит — магнетит при более высоких температурах. На поверхности Земли и в осадках давление кислорода колеблется от исчезающей величины в отложениях и в обстановке с высоким содержанием и активностью органического вещества до $0,25 \text{ атм}$ в контакте с кислородом воздуха.

Из других докладов отметим доклад В. Щербины (СССР), который, опираясь на минералогию магматических пород, приходит к выводу о том, что в магматических условиях наиболее стабильными являются низкие степени окисления: Fe^{2+} , Ti^{3+} и т. д. Автор считает, что минералы, содержащие железо и титан (а также другие элементы) в различной степени окисления, являются чувствительными индикаторами окислительно-восстановительных условий в магме. Этот доклад, как и другие доклады ученых из СССР, напечатаны в отдельном издании¹.

Заслуживает также быть отмеченным доклад Л. Когарко «Режим соединений кислорода, серы и углерода в магматической газовой фазе щелочных пород». На основании экспериментальных и термодинамических исследований минеральных равновесий в щелочных породах автором показано, что магматические газы агпаитовых нефелиновых сиенитов характеризуются высокими содержаниями (летучестями) метана, водорода, возрастающими при падении температуры; летучесть CO_2 и CO невелика и снижается при охлаждении. В свете этих данных проясняется очень интересный вопрос о сосуществовании щелочных минералов (эгирина и др.), в которых трехвалентное железо преобладает над двухвалентным, с газовой фазой, восстановительный характер которой резко возрастает с падением температуры.

Интересным был доклад Дж. Томпсона, США (J. Thompson) «Окислы и сульфиды в процессе регионального метаморфизма пелитовых сланцев». Заслуживает также внимания доклад Б. Грегора, США (B. Gregor) «Углерод в осадочном цикле». Автор приводит следующие данные о распределении углерода: осадки (органический углерод) $11 \cdot 10^{21} \text{ г}$; биосфера и почвы (органический углерод) $5 \cdot 10^{18} \text{ г}$; карбонатные породы (неорганический углерод) $5,5 \cdot 10^{22} \text{ г}$; атмосфера $7 \cdot 10^{17} \text{ г}$; гидросфера (неорганический углерод) $4 \cdot 10^{10} \text{ г}$. Скорости переноса углерода в основных процессах (в г/год): из атмосферы в биосферу (фотосинтез) $6 \cdot 10^{16}$; из океана в осадки (карбонаты) $1-2 \cdot 10^{14}$; из биосферы в осадки (органический углерод) $5 \cdot 10^{13}$. Разрушение органического вещества при окислении определяется парциальным давлением кислорода в атмосфере, зависящим в свою очередь от интенсивности фотосинтетического процесса.

Таким образом, в представленных по теме А докладах окислительно-восстановительные процессы рассмотрены достаточно широко, но с главным акцентом на метаморфические и магматические процессы.

¹ *Геохимия*. М. Изд-во «Наука», 1972 (Межд. геол. конгр. XXIV сессия. Докл. сов. геологов. Проблема 10).

Заседания по теме *B* о распределении рассеянных и главных элементов в минералах проходили под председательством Р. Кретца (Канада) и И. Иияма (Франция). Здесь прежде всего хотелось бы отметить два доклада советских ученых — А. Поваренных и И. Рябчикова, а также доклад Р. Кретца, носящих теоретический характер. В докладе «Роль кристаллохимического фактора в распределении редких элементов в минералах» А. Поваренных сопоставляет распространенность элементов с числом собственных минеральных видов и устанавливает, что между ними нет соответствия. Определяющими являются кристаллохимические факторы, численное значение которых зависит от положения элемента в периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Большую роль играет также концентрация элемента в той среде, в которой минерал образуется, равно как и физико-химические условия его образования.

В представленном докладе «Закономерности распределения микрокомпонентов между фазами природных систем» И. Рябчиков подчеркивает значение знания коэффициента распределения микрокомпонента между равновесными фазами. Поведение микрокомпонента в природных процессах описывается выведенным автором уравнением баланса масс при учете переменного значения коэффициента распределения. Автор рассматривает различные источники информации о коэффициентах распределения в минеральных системах, а также ряд примеров решения некоторых геохимических проблем: поведение элементов в процессе кристаллизации магмы, термометрия фазовых равновесий и др.

В докладе Р. Кретца, Канада (R. Kretz) «Теория химических обменных реакций в кристаллических породах» был рассмотрен ряд обменных равновесий на основании термодинамических представлений. В качестве примеров обсуждается распределение магния и железа между положениями M_I и M_{II} в ортопироксенах, магния и железа между ортопироксенами и кальциевыми пироксенами, альбита между сосуществующими плагиоклазом и щелочным полевым шпатом, доломита между кальцитом и доломитом, альбита и нортита между кристаллами плагиоклаза и расплавом.

В ряде докладов были приведены интересные экспериментальные результаты по распределению бария, стронция и кальция между полевыми шпатами при различных давлениях и температурах — К. Ясмунд и Х. Сек (K. Jasmund, H. Seck, ФРГ), брома, рубидия и цезия при кристаллизации солей (Х. Пухельт, Н. Пухельт, ФРГ). В частности, интересно сопоставление, которое провели между экспериментальными и природными (для трахитов) данными по распределению альбитового компонента между сосуществующими фазами полевых шпатов Ясмунд и Сек.

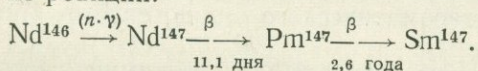
Сопоставление показало, что оцениваемые температуры кристаллизации трахитов слишком высоки, что связано с неоднородностью плагиоклазов и присутствием в природных полевых шпатах примесей бария и стронция.

Интересный обзор аналитических данных (в основном, оригинальных) по распределению крупных катионов (калия, рубидия, бария, стронция и редкоземельных элементов) дали Дж. Филпоттс и К. Шнетцлер, США (J. Philpotts, C. Schnetzler). Они показали эффективность использования численных значений коэффициентов распределения элементов между фенокристаллами и основной массой для оценки кристаллизационной истории и дифференциации основных и кислых магматических расплавов.

В целом доклады по этой теме продемонстрировали расширение экспериментальных работ по определению коэффициентов распределения элементов в природных равновесиях, а также успехи, достигнутые

в этой области при применении тонких современных методов исследования (локального анализа, метода изотопного разбавления и др.).

Заседания по теме *C* «Геохимия редких элементов» проходили под председательством Дж. Крокета (Канада) и П. Черни (Канада). Если посмотреть на темы представленных и заслушанных докладов, то совершенно отчетливо выявляется интерес к геохимии элементов платиновой группы и золота. Это доклады Д. Готфрида и Л. Гринленда, США (D. Gottfried, L. Greenland); В. Моисеенко и И. Фатьянова (СССР); У. Меркера и Дж. Крокета, Канада (W. Mercer, J. Crocket); Э. Кларка, США (A. Clark) и У. Гринвуда, Саудовская Аравия (W. Greenwood); Дж. Крокета и Л. Чий, Канада (L. Chyi). Остальные доклады были посвящены геохимии редких элементов: рения в молибденитах — Д. Гайлс, Дж. Шиллинг, США (D. Giles, J. Schilling); лития — Дж. Холланд, Англия (J. Holland) и Р. Дж. Ламберт, Канада (R. J. Lambert); рубидия и цезия — П. Ливенс, США (P. Leavens); таллия, меди, свинца, цинка, галлия и др. Нам хотелось бы остановиться на одном докладе, представленном группой ученых из ФРГ (Г. Майер, Е. Циммерхакль и др., H. Meier, E. Zimmerhackl et al.), посвященном попытке найти прометий-147 в природе. Как известно, элемент № 61 — прометий — относится к группе редких земель и расположен между неодимом и самарием. Пока что прометий был получен только искусственно. Из десяти полученных искусственно изотопов Pm^{147} оказался наиболее долгоживущим. Его период полураспада равен 2,6 года. Он может быть получен при делении урана, а также из Nd^{147} путем β -распада. В представленном исследовании авторы взяли 200 кг гадолинита из Сетесдаля, Норвегия, который содержит 45% суммы редких земель. Для выделения нужной фракции использовалась катионнообменная колонка с элюированием нитрилукусной кислотой и Cu^{2+} в качестве барьерного иона. Была обнаружена β -активность фракции между неодимом и самарием, по химическому поведению и характеру излучения тождественная Pm^{147} . Обнаруженная таким образом концентрация Pm^{147} (в расчете на гадолинит) составляла $7,3 \cdot 10^{-17}\%$. Авторы исключают возможность его появления за счет спонтанного деления U^{238} и считают, что Pm^{147} образовался из Nd по реакции:



Если эти сведения подтвердятся, то это первая находка прометия в природных образованиях.

Заседания по теме *D* об источниках и природе рудообразующих растворов проходили под председательством У. Таппера (Канада) и Д. Коржинского (СССР). Здесь прежде всего необходимо отметить доклады Х. Барнса, США (H. Barnes); Р. Фурнье, США (R. Fournier); Х. Хелгесона, Э. Реддера, США (H. Helgeson, E. Roedder) и А. Тугаринова (СССР). Х. Барнс подробно обсудил два возможных способа переноса рудных компонентов гидротермальных растворов — в форме хлоридных сульфидных комплексов. В случае переноса сульфидных комплексов осаждение рудных минералов происходит в результате окисления, увеличения кислотности, понижения давления; в случае переноса в виде хлоридных комплексов осаждение связано со смешением с растворами или взаимодействием с породами, содержащими сульфидные ионы, в результате восстановления, понижения кислотности, уменьшения температуры и давления. Была сделана попытка найти в природе случаи отмеченных форм переноса и соответствующих механизмов рудоотложения.

Р. Фурнье рассмотрел экспериментальные данные, характеризующие равновесие с силикатными расплавами растворов хлоридов щелочей. Показано, что на небольших глубинах от магм может отделяться

жидкий рассол, содержащий до 50% и более хлоридов натрия и калия, а в случае обогащения магмы водой, кроме того, газовая фаза, состоящая преимущественно из воды и других летучих (в том числе HCl). При охлаждении интрузива и фильтрации горячих рассолов они смешиваются с метеорными водами. Рудоотложение возможно на различных стадиях эволюции растворов.

Х. Хелгесон рассмотрел равновесия, реакции и кинетику процессов, приводящих к изменению состава сосуществующих твердых и жидких фаз при взаимодействии гидротермальных растворов с различными породами. Расчеты массопереноса позволили автору оценить роль инфильтрации и диффузии при метасоматозе. Рассчитанные закономерности распределения продуктов реакций сравниваются с реально наблюдаемым пространственным распределением различных минералов, что позволяет оценить параметры природных систем.

Э. Реддер критически обсудил накопленные к настоящему времени данные по составу и физическим параметрам флюидных включений в минералах из рудных месторождений.

Очень интересные материалы представил в своем докладе А. Тугаринов. Анализ ассоциаций химических элементов в рудных месторождениях, а также исследование изотопного состава свинца позволили автору в ряде случаев с полным основанием утверждать, что концентрация рудных металлов является вторичным процессом, связанным с переотложением элементов, рассеянных во вмещающих месторождения породах (в региональном масштабе). С другой стороны, изучение закономерностей пространственного распределения рудных месторождений и рудных поясов, времени проявления эпох интенсивного рудообразования, связи геологической обстановки и времени формирования месторождений урана, железа, олова, германия с эволюцией условий на поверхности Земли, а также общие соображения о закономерностях геохимической дифференциации вещества в процессах осадкообразования привели А. Тугаринова к выводу, что основным источником рудного вещества в истории Земли были именно осадочные породы. Переработка исходного вещества в биосфере, разделение элементов и их концентрирование в осадочном процессе были необходимыми этапами, предшествовавшими проявлению соответствующего гидротермально-метасоматического эндогенного оруденения.

По этой теме проходили также доклады по геохимии изотопов. Интересные данные были сообщены в докладе Ф. Чухрова (СССР) об изотопах серы в природных водах, осадках и рудах. Автор показал наличие аномально высоких и аномально низких отношений S^{34}/S^{32} ; это указывает на условия образования минералов. Интересен также доклад Р. Форестера и Х. Тэйлора, США (R. Forester, H. Taylor), посвященный изучению изменения изотопного состава кислорода и водорода при взаимодействии вод метеорного происхождения с габбро-диоритами.

Заседания по теме E — «Геохимия океанов и озер» проходили под председательством Д. Лоринга (Канада) и И. Лермана (США). Тематика докладов была весьма разнообразной и охватывала многие вопросы гидрохимии.

Из докладов, посвященных геохимии океанов, прежде всего отметим доклад К. Турекьяна, США (K. Turekian) об источниках рассеянных элементов в океанах. По мнению автора, основными источниками являются: выветривание континентов, подводные вулканические эманации и подводное «выветривание». Оценка вклада каждого источника затруднительна. Автор подчеркивает значение влияния хозяйственной деятельности человека на состав и количество сносимых в океан с континентов элементов.

Доклады А. Сасаки, Япония (A. Sasaki) и Н. Еременко и Р. Панкиной (СССР) были посвящены изотопному составу серы в морской воде. Первым автором был определен изотопный состав серы в 20-и пробах океанской воды, отобранной в различных частях главным образом Тихого океана. Результаты показали колебания δS^{34} до 0,7%. Эта работа позволила установить, что в современной океанической воде возможны неоднородности изотопного состава серы в пределах 0,5—1,0‰ δS^{34} . Н. Еременко и Р. Панкина изучили изотопный состав сульфатов из эвапоритовых отложений разного возраста и показали удивительное сходство изотопного состава серы одновозрастных образований из различных частей земного шара и значительные отличия в разновозрастных образованиях. Наибольшее обогащение S^{34} отмечено в кембрийских эвапоритах, наименьшее — для пермских. Авторы считают, что сера поступает в океан, в основном, из двух источников — глубинного, обогащенного S^{34} , и сульфатов континентов, обогащенных S^{32} .

Несколько докладов — Д. Лоринга, А. Найду и Д. Худа, США (D. Loring, A. Naidu, D. Hood); М. Рашида, Канада (Rashid) — были посвящены различным вопросам геохимии морских осадков.

Доклад М. Валяшко (СССР) был посвящен геохимии вод континентов. Автор рассматривает воды континентов как звено в цепи превращений: первичный ювенильный раствор → океаническая вода → вода континентов. Океан поставляет воду на континент двояким путем: через атмосферу и непосредственно в периоды трансгрессий или формирования континентальных морей и лагун. Таким образом, в качестве исходных можно рассматривать: а) атмосферные воды с низкой минерализацией; б) океаническую воду (минерализация 3,5%) и в) рассолы морского генезиса с минерализацией выше 3,5%. Вулканические воды играют ограниченную роль. Рассмотрены пути эволюции атмосферных вод, дающих континентальную ветвь, и океанических вод — морская ветвь. Опираясь на установленные закономерности эволюции вод морской ветви, рассматривается их роль в формировании вод континентов.

Очень интересный обзор, посвященный геохимическому изучению озер Канады, представили Дж. Крамер и М. Томпсон, Канада (J. Kramer, M. Thompson). Следует отметить также доклады Н. Годбола, Индия (N. Godbole) «Теории происхождения соляных озер Раджастана», Дж. Уэлана, США (J. Whelan) «Баровая теория образования соляных отложений Оксенюса, основанная на количественных данных по Большому Соленому озеру, Юта». Следует упомянуть также доклад Дж. Бьюэrsa, Канада (J. Bewers) о глобальной циркуляции галогенов.

Заседания по теме *F* — о поисковой геохимии на территориях, охваченных вечной мерзлотой, проходили под председательством К. Глисона и А. Драйманиса (Канада). Большинство докладов этой секции было посвящено отдельным вопросам поисковой геохимии в областях оледенения и вечной мерзлоты, рассмотренных на конкретных примерах. Следует выделить доклад Ж. А. Фортескье, Канада (J. A. Fortesque), в котором обсуждалось взаимоотношение прикладного и исследовательского аспектов при геохимических поисках на ледниковых территориях, и доклад С. Шварцева (СССР) о роли развития криогенных процессов в формировании вторичных солевых ореолов и водных потоков рассеяния и влияние на их проявление различных геохимических, гидрогеологических, физико-географических и других факторов.

Заседание по теме *G* — об общих проблемах геохимии объединило доклады, не включенные в другие темы. На этом заседании председательствовали Е. Камерон (Канада) и В. Щербина (СССР).

Доклад американских ученых К. Ингамеллса, Дж. Энгелса и П. Свитцера (C. Ingamells, J. Engels, P. Switzer) «Влияние ошибки лабораторного опробования на результаты анализов в геохимии и геохронологии» был посвящен исследованию ошибки, которую вносит отбор небольших навесок в лаборатории в полученный результат. Они показали, что в ряде случаев эта ошибка, обычно относимая к аналитической ошибке, может составить величину, превышающую 100% (самые яркие примеры — определение хрома в гранитах и калия в дунитах). Анализ показал, что величина ошибки лабораторного опробования зависит от содержания определяемого элемента в минералах, составляющих пробу (точнее, от разницы содержания), количественных соотношений зерен различных минералов, их размера и от веса отбираемой пробы. Эти параметры в каждом конкретном случае могут быть определены только экспериментально.

В докладе «Геохимия радиогенных газов, аномалии геохронологии и процессы метаморфизма» С. Брандт (СССР) обратил внимание на случаи перераспределения радиогенных инертных газов (гелия и аргона) в контактах и нарушенных зонах. Автор считает, что эти материалы могут быть использованы для оценки температуры и длительности геологических событий, приводящих к диффузии инертных газов.

Австралийский ученый Дж. ван Моорт (J. van Moort) в докладе «Геохимия сланцев» привел важные аналитические материалы, характеризующие содержания щелочных и щелочноземельных металлов в различных сланцах Австралии, которые по возрасту и геотектоническому положению подразделяются на платформенные и геосинклинальные. Показано, что эволюция содержания в австралийских сланцах в течение фанерозоя калия, кальция, отношения кальция к магнию аналогична эволюции, установленной А. Роновым для Европы и Америки. Автор делает вывод об общих причинах такой глобальной эволюции, отводя существенную роль процессам перераспределения компонентов осадков интерстициальными водами.

В докладе «Динамика геохимического цикла» А. Ярошевский (СССР) проанализировал сложную модель геохимического цикла, в рамках которой оказывается возможным объяснить фактически наблюдаемый различный средний состав осадочных, метаморфических и магматических пород. Показано, что к таким различиям может привести только фракционирование элементов в процессах метаморфизма осадков и плавления метаморфических толщ.

Здесь мы остановились только на докладах, отобранных для геохимической секции. Однако многие вопросы геохимии рассматривались в докладах секции петрологии, полезных ископаемых, горючих ископаемых, морской геологии, гидрогеологии, минералогии, планетологии, а также на сопровождавших сессию симпозиумах — глубоководное бурение в океанах, спектроскопические стандарты пород и руд, экспериментальная петрология и глобальная тектоника, включения в минералах, новые подходы к планетологическим проблемам, углекислота атмосферы, марганцевые рудные отложения. Такое обилие вопросов и проблем, связанных с геохимией и рассмотренных на других секциях и симпозиумах, говорит о широком проникновении геохимических идей и методов в разные области геологических исследований.

Если теперь, опираясь на доклады, заслушанные на геохимической секции XXIV сессии Международного геологического конгресса, оценить тенденции развития геохимии в настоящее время, то отчетливо выявляется стремление ко все более точному знанию, опирающемуся на объективные законы физической химии. Это прослеживается буквально во всех разделах геохимии. Если в свое время большое внимание уделялось в геохимии распространенности элементов, особенно редких и рассеянных, то сейчас эти работы, как можно было

видеть, получают несколько иное направление — появляются экспериментальные и теоретические, основанные на термодинамике, исследовании существа процессов, выявлений природных реакций, составлении соответствующих уравнений и получении количественных данных, характеризующих распределение элементов в различных природных системах. Эти данные, в свою очередь, позволяют, опираясь на соотношения элементов в отдельных минералах и используя полученные величины коэффициентов распределения, судить о температуре, давлении в природных процессах, о составе минералообразующих сред, что в целом определяет путь к строгой характеристике условий образования и преобразования минералов, пород и руд.

Углубляются физико-химические представления и в других разделах. Это отчетливо видно из докладов, посвященных анализу окислительно-восстановительных условий в геологических процессах, природе рудообразующих растворов, геохимии вод. Везде интенсивно проникает эксперимент как объективная основа понимания сути процесса, расчеты, основанные на термодинамических данных, попытки количественно понять процесс с учетом энерго- и массопереноса.

Все шире в геохимических исследованиях используются инструментальная техника, в особенности тонкие и локальные методы анализа. Широко привлекается вычислительная математика и ЭВМ. Отчетливо выявляется все больший и больший интерес к химии океана, его донных отложений и природных вод вообще. Все геохимические процессы, протекающие в гидросфере и атмосфере, сейчас привлекают пристальное внимание. Они становятся особенно актуальными и жизненно необходимыми, кроме всего прочего, в связи с проблемой сохранения окружающей человека среды и научного обоснования путей и методов борьбы с ее загрязнением.

Ф. В. Чухров

МИНЕРАЛОГИЯ

Рассмотрение научных и научно-организационных вопросов в области минералогии входило в программу работы Международной минералогической ассоциации, которая явилась частью общей программы XXIV Международного геологического конгресса. Научные доклады, сделанные на заседаниях Ассоциации учеными различных стран, как видно из приводимых ниже сведений, охватили широкий круг вопросов.

Методические исследования

Значение использования инструментальных аналитических методов для изучения минералов показано в докладе Р. Даяла и А. Фольборта, Канада (R. Dayal, A. Volborth) на примере природных окислов сурьмы и железа. Определение кислорода производилось методом нейтронной активации, а определение соотношений Fe^{2+}/Fe^{3+} и Sb^{3+}/Sb^{5+} — методом мессбауэровской спектроскопии. Для изучения изоморфных замещений использовался микрозонд.

Д. Воган и Р. Бёрнс, США (D. Vaughan, R. Burns) продемонстрировали результативность мессбауэровской спектроскопии для изучения связей в сульфидах, содержащих железо в четверной координации. Для контроля привлечены данные, полученные с помощью метода дифракции нейтронов и магнитных измерений. Четверная координация с серой несомненна для железа в германите, тетраэдрите, штернбергите, арсенопирите. В истолковании данных мессбауэровской спектроскопии о связях сера — железо большую роль играет теория молекулярных орбиталей. Мессбауэровские параметры и общая теория говорят о значительной роли орбиталей $3d$ железа в связях железо — сера.

Значительным достижением в области мессбауэровской спектроскопии является ее использование при высоких давлениях, обрисованное в докладе Р. Бёрнса, Ф. Хаггинса и Х. Дрикамера, США (R. Burns, F. Huggins, H. Drickamer). Задачей этих авторов являлось определение химических и кристаллохимических особенностей минералов железа в условиях, характерных для мантии Земли. Сделан вывод, что с увеличением давления усиливается ковалентная связь в минералах. Для некоторых соединений характерен переход трехвалентного железа с увеличением давления в двухвалентное. Это указывает на то, что высокое окислительное состояние элементов, прежде всего, железа, не характерно для мантии.

Д. Хаузен, США (D. Hausen) сообщил о результатах изучения пиролиза сульфидов с помощью дифференциального термического анализа. Изучались пределы устойчивости промежуточных фаз в окис-

лительной (воздух, кислород, серный ангидрид), инертной (гелий, водород) и восстановительной (сернистый ангидрид, окись углерода, водород, аммиак) средах пирита, пирротина, халькопирита, сфалерита, молибденита, пентландита и валлериита. Температурные границы и кинетика окисления определялись при помощи регистрации экзотермических эффектов, изучения газов (при помощи ИКС) и рентгеновского изучения продуктов нагревания. Дилатометрии сульфидных минералов был посвящен доклад О. Болжу и В. Манилич, Румыния (O. Bolgiu, V. Manilici). Эти авторы пришли к заключению, что кривые декрепитации для прозрачных и непрозрачных минералов могут быть заменены дилатометрическими кривыми плотных агрегатов. Для галенита, сфалерита, пирита, кальцита и других минералов данные дилатометрического метода сопоставимы с результатами изучения гомогенизации включений.

Г. Бастэн, Франция (G. Bastin) и его соавторы удачно применили для выяснения характера зональности в зернах лунных и метеоритных пироксенов метод микрорадиографии. Его сущность состоит в использовании искусственно созданных треков, которые наблюдаются при помощи сканирующего электронного микроскопа; образование треков зависит от состава отдельных зон в зернах пироксена. Доклад К. Сува, С. Мизутани и И. Цузуки, Япония (K. Suwa, S. Mizutani, I. Tsuzuki) был посвящен оптическим методам определения кристаллографической ориентировки и законов двойникования плагиоклазов. Авторами доклада предложены пересмотренные и исправленные диаграммы изменения углов погасания плагиоклазов в зоне, перпендикулярной плоскости (010), и углов, определяемых в шлифах, перпендикулярных оси *a*. Методика определения оптических констант минералов при повышенных температурах (до 1130°) подробно рассмотрена в докладе Ф. Блосса, США (F. Bloss). Технические приемы, использованные докладчиком, применимы также для определения оптических констант при низких температурах.

П. Паулич, ФРГ (P. Paulitsch) сообщил о результатах изучения при помощи оптических методов и рентгеновского универсального столика ориентировки в породах роговой обманки, топаза, молибденита, граната, оптически аномального (двуосного) доломита, корнерупина, оливина, турмалина и нефелина. Отличия в диаграммах ориентировки этих минералов обусловлены ростом кристаллов при различных давлениях и температурах, а также неодинаковым вращением кристаллов в период деформации. Преимущественная ориентировка вычислялась также по минимальной энергии упругости и сравнивалась с определенной непосредственно ориентировкой зерен минералов в породе. Экспериментальное изучение деформации позволило получить при высоких давлениях новый тип двойников для роговой обманки, аналог которых в природных образцах неизвестны; очевидно, такие двойники могут возникать у границы верхней мантии.

Новые данные о минералах

В докладе А. Карпентера, США (A. Carpenter) были приведены данные о самородном свинце, выделившемся из хлоридного рассола в буровой скважине (Галф Коуст, США). Глубина скважины 3996 м. Температура рассола 130°, pH 5,77. Содержание свинца и цинка соответственно составляет 111 и 357 мг/л. Несомненно большая аналогия в условиях образования свинца в этой скважине и на Челекене.

Э. Зеелигер и А. Мюкке, ФРГ (E. Seeliger, A. Mücke) привели характеристику новых минералов — шахнерита ($Ag_{1,1}Hg_{0,9}$) и пара-

шахнерита ($\text{Ag}_{1,2}\text{Hg}_{0,8}$). Аналогом шахнерита является искусственная гексагональная фаза, установленная при изучении системы серебро — ртуть. У ромбического парашахнерита аналог среди искусственных соединений не известен. Оба минерала представляют продукты изменения мошелландсбергита в зоне окисления. В нескольких докладах приведены новые данные о сульфидах. Значение арсенипирита как геотермометра на основе экспериментальных исследований рассмотрел У. Кречмар, Канада (U. Kretschmar). Показано, что при 300° в равновесии с пиритом и мышьяком арсенипирит содержит менее 30% (атомн.) мышьяка, а в равновесии с пирротином и леллингитом — 33% мышьяка. При 700° в арсенипирите содержится около 33% мышьяка независимо от того, с какими минералами он ассоциируется. Как следует из данных анализов, выполненных при помощи электронного микроскопа, во многих природных арсенипиритах ядро обогащено серой, а внешняя зона — мышьяком. Вероятной причиной этого считается изменение температуры и давления. Наиболее низкое содержание мышьяка — 31% (атомн.) — отмечено для арсенипиритов из сильно метаморфизованных руд.

С. Киссин, Канада (S. Kissin) провел эксперименты по гидротермальному синтезу пирротина при температуре от 115 до 525° , и давлении от 260 до 13 000 фунтов на дюйм². Рентгеновское изучение показало, что выше 300° устойчива разупорядоченная структура типа никелевого арсенида. Ниже 300° образуются несколько гексагональных полиморфов, поля существования которых зависят от температуры и состава. Моноклинный полиморф устойчив при температуре ниже 248° . Для определения структурного типа пирротина необходимо использовать монокристалльную съемку.

Л. Кабри, Канада и его соавторы (L. Cabri et al.) рассмотрели кристаллохимические соотношения между халькопиритом, мойхукитом, талнахитом и кубанитом. Мойхукит и талнахит рассматриваются как самостоятельные минеральные виды. Их структуры можно представить как повторение частично разупорядоченной кубической ячейки $a \sim 5,3$ Å и дополнительных атомами металлов в интерстициальных позициях халькопирита. По-видимому, оба они существенно являются антиферромагнетиками. Значительный интерес представляют данные В. Петрука, Канада (W. Petruk) о сульфидах олова (станнин, кестерит, станноидит, моусонит и также ближе не определенный новый минерал) из месторождения Нью-Брансуик (Канада). Автор пришел к заключению, что станнин и кестерит являются членами двух рядов твердых растворов и имеют различную структуру. В качестве разновидностей выделены цинковый станнин и железистый кестерит. Станноидит ассоциируется с кестеритом и частично является продуктом распада твердого раствора в нем. Ближе не определенный минерал по составу занимает промежуточное положение между станноидитом и кестеритом; возможно, он представляет один из членов ряда твердого раствора или является продуктом его распада.

Минералам группы окислов был посвящен лишь доклад С. Ваала и И. Копеловица, ЮАР (S. Waal, I. Kopelowitz), которые изучили взаимозависимость химического состава и физических свойств хромшпинелидов из бушвельдского интрузивного комплекса с использованием регрессионного анализа. Результатом исследования является возможность определения состава хромшпинелидов по их удельному весу, отражательной способности в масле и величине элементарной ячейки.

Дж. Крэг и П. Бартон, США (J. Graig, P. Barton) рассмотрели природу сложных сульфидов, которые неправильно именуется сульфосолями, и сделали вывод, что большинство из них могут рассматриваться как промежуточные фазы между простыми сульфидными ком-

понентами. Например, все так называемые сульфовисмутиды занимают промежуточное положение между PbS и Bi_2S_3 . Несомненно существование элементов структуры простых сульфидов в сложных сульфидах (пример — галенитоподобные и антимонитоподобные слои в так называемых сульфоантимонидах свинца). Следовательно, сложные сульфиды могут рассматриваться как своего рода комбинации простых сульфидов.

Данные о двух новых теллуридах — маттагамите ($Co_{0,54}Fe_{0,37}Te_{2,00}$) и теллурантимоне ($Sb_{1,93}Te_{3,00}$), обнаруженных в руднике Маттагам-Лэйк (Квебек, Канада), были приведены в докладе Д. Хэрриса и Р. Торпа, Канада (D. Harris, R. Thorpe). Выделения этих минералов приурочены к стратиформному телу богатых цинковых руд среди вулканогенных пород. Маттагамит образует мелкие включения в алтаите и каемки на пирротине или халькопирите в контакте с алтаитом. Теллурантимон обнаружен в виде включений в алтаите.

Значительное число докладов пополняет наши представления о солях кислородных кислот.

К. Фигейредо-Гомес, Португалия (C. Figueiredo-Gomes) сообщил о находке богатого стронцием арагонита-сейрингита — в отложениях горячих источников Куанга-Сул (Ангола). Вода этих источников является бикарбонатной, содержит повышенное количество солей и имеет слабо щелочную реакцию. Помимо сейрингита, в отложениях тех же источников наблюдаются низкомагнезиальный кальцит, стронцианит, термонаит, сода, пирссонит, нахколит, трона, тенардит, мирабиллит, астраханит, буркаит, шайрерит, ханксит, гипс и галит.

М. Адусумилли, Бразилия (M. Adusumilli), охарактеризовала метамиктный фосфат из Борборема в Бразилии. К сожалению, количественный химический анализ этого минерала выполнен не был. Качественные определения указывают, что его можно рассматривать как фосфат кальция, натрия, железа и марганца, а рентгенограмма говорит о его родстве с аллюодитом — варулитом.

Результаты изучения фаз, образующихся в системе $CaO - P_2O_5 - H_2O$ при температурах 300—600° и давлении воды 2 кбар, составили содержание доклада Х. Скипнер, США (H. Skipner). Были получены фазы состава: $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, $CaHPO_4$, $Ca_2P_2O_7$, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ и $Ca(OH)_2$; все они находились в равновесии с жидкостью. Установлено, что фаза состава $CaHPO_4$ (монетит) выше 322° замещается $Ca_2P_2O_7$; апатит состава $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ является преобладающей фазой. П. Ливенз, США (P. Leavens) доложил об ассоциирующихся с вивианитом фосфатах — рокбриджите, липскомбите, штрэнгите, штрунците, лауенте и какокрене, которые рассматриваются как производные вивианита. Образование всех этих фосфатов происходило под уровнем грунтовых вод в Миллика-Хиллз (Нью-Джерси, США). Значительный интерес представило сообщение А. Мюкке, Западный Берлин (A. Mücke), об открытии в образцах из Сиера Корда в Чили нового хромата свинца светло-желтого цвета — сантаанаита ($Pb_{11}CrO_{16}$). Этот минерал представляет наряду с красным феникохроитом один из продуктов гипергенного изменения галенита. Весьма вероятно, что сантаанаит имеет более широкое распространение.

Г. Перро, Канада (G. Perroult) подробно охарактеризовал изоморфную серию ненадквечит-лабунцовит с широким использованием публикаций советских минералогов. Обзор данных по изоморфной серии анальцима — поллуцит сделал П. Черни, Канада (P. Cherny), подчеркнувший, что открытие в пегматитах Танко (Манитоба, США) богатого цезием анальцима позволяет говорить о ее непрерывности. Нахождение анальцима в третичных осадочных породах Северо-Западной и Юго-Западной Дакоты и прилежащих частей Монтаны (США), рассмотренное У. Чисхолмом, США (W. Chisholm),

представляет несомненный интерес для характеристики этого минерала в гипергенных ассоциациях.

В докладе Р. Игглтона, Австралия (R. Eggleton) охарактеризованы особенности структуры стильпномелана. Подчеркнуто, что в отличие от биотита в нем не все тетраэдры координационно связаны с тетраэдрами; близость ионов кремния затрудняет окисление Fe^{2+} в октаэдрических позициях. Э. Эль-Шазлы и Г. Салейб, АРЕ (E. El Shazly, G. Saleb) доложили о первой находке скаполита (мариалита) и магнезиального канкринита в метаморфизованных докембрийских вулканогенных породах о-ва Сэнт-Джон; образование этих минералов связывается с процессами щелочного метасоматоза. Новые данные по минералогии гипергенных магнезиальных и никелевых силикатов были сообщены Г. Шпрингером и Ф. Уиксом, Канада (G. Springer, F. Wicks). Почти все изученные ими образцы по составу занимают промежуточное положение между серпентином и сепиолитом (с никелевыми аналогами). Рентгенограммы соответствуют серпентину, тальку, сепиолиту или их смеси. Авторы предложили объединить под названием гарниерита все никелевые гидросиликаты со структурой серпентина, талька и сепиолита.

Экспериментальная минералогия

Доклады, относящиеся к этому разделу, имели целью освещение процессов, протекающих при высоких давлениях и (или) высоких температурах. С. Акимото, Япония (S. Okimoto) подробно рассмотрел фазы, возникающие при высоких давлениях в системе $MgO - FeO - SiO_2$. Детально изучены твердые растворы в системе $Mg_2SiO_4 - FeSiO_4$ в области давлений от 40 до 150 *кбар* при температуре 800—1200°. При 800° получена непрерывная серия твердых растворов шпинелевых фаз от Fe_2SiO_4 до $(Mg_{0,9}Fe_{0,1})_2SiO_4$. При 1000—1200° и давлении до 150 *кбар* получить шпинелевую фазу состава $(Mg_{0,9}Fe_{0,1})SiO_4$ не удалось. Экспериментальные данные о системе $MgSiO_3 - FeSiO_3$ показывают что при высоких давлениях происходит разложение клинопироксенового твердого раствора с образованием твердого раствора стишовит — шпинель; установлено также, что распределение двухвалентного железа и магния между сосуществующими оливином и пироксеном или шпинелью и пироксеном зависит от температуры и давления. В докладе М. Коизуми с соавторами, Япония (M. Koizumi et al.) показано, что исходный материал состава редкоземельного граната при 1000° и давлении 65 *кбар* дает фазу с искаженной перовскитовой структурой. Это послужило основанием для вывода о возможности превращения природных гранатов типа андрадита или альмандина в плотноупакованную фазу с перовскитовой структурой в переходной зоне к верхней мантии.

Б. Хенсен, США (B. Hensen), показал, что сосуществующие гранат и кордиерит большей частью образовались при температуре 700—850° и давлении 5—19 *кбар*. Р. Некрасова и И. Некрасов (СССР) продемонстрировали важность изучения системы $TR_2O_3 - SiO_2 - B_2O_3 - H_2O$ при высоких параметрах. Построенная ими диаграмма позволяет судить об изменениях минеральных ассоциаций в контактах основных и кислых пород, на которые воздействовали борнокислые растворы, распространявшиеся путем диффузии. Фазовые соотношения в системе диопсид — нефелин — лейцит при атмосферном давлении проанализировали А. Гупта, Канада (A. Gupta) и Э. Лидяк, США (E. Lidiak). Подчеркнуто, что эта система является псевдочетверной. На фазовой диаграмме имеются две четырехфазных точки. В первой из них при $1275 \pm 5^\circ$ (состав $Di_{60}Ne_3Le_{32}$) фазовая ассоциация отвечает

оливиновому лейцититу; во второй точке при $1194 \pm 5^\circ$ (состав $Di_{27,5} Ne_{29,5} Le_{43}$) с жидкостью сосуществуют форстерит и лейцит. При продолжении кристаллизации точка 1 перемещается к пятифазной ассоциации; жидкость находится в равновесии с оливино-мелилитовым лейцитом. Точка 2 смещается с падением температуры к ассоциации, отвечающей оливин-мелилит-нефелиновому италиту.

К. Мисра и М. Флит, Канада (K. Misra, M. Fleet) изучили систему Fe—Ni—S при низком давлении и температурах 300, 400, 500 и 600° . Состав синтетического пентландита и фаз, сосуществующих с ним, определены при помощи микросонда. Для сопоставления изучена естественная ассоциация пирротина и пентландита из Содбери (Канада). Состав синтетических и природных сосуществующих фаз оказался неодинаковым. Изучение системы Zn—Fe—S, проведенное С. Скоттом, Канада (S. Scott) показало, что при температуре ниже 250° и давлении 8 кбар сфалерит, сосуществующий с сульфидами железа, содержит менее 13% (молек.) FeS. Сделан вывод о применимости сфалеритового геобарометра в случаях, когда образование минерала происходило при низких давлениях в гидротермальных жилах и при высоких давлениях и температурах, вызвавших метаморфизм массивных сульфидных руд.

Космическая минералогия

Большой интерес вызвал доклад К. Фрондела, США (C. Frondel), содержащий обобщения данных по минералогии Луны. Докладчик отметил, что в изученных до настоящего времени образцах, доставленных с Луны, установлено 55 минералов, среди которых три новых вида. Кроме того, описаны 21 ближе не определенных веществ; некоторые из них, возможно, окажутся ранее не известными. Характерны для Луны стекла, часть которых имеет определенный состав и представляет продукты плавления или ударного структурного разупорядочения плагиоклаза, пироксена или тридимита-кристобалита. Однако большинство лунных стекол имеют состав пород. Количество метеоритного материала в реголите невелико. Водусодержащие минералы отсутствуют. Очень быстрая кристаллизация пород морей и отсутствие флюидов или летучих компонентов, видимо, предопределили отсутствие жил и выполнений полостей, а также пегматитов. Лантаниды, уран и цирконий в основном концентрируются в аксессуарных минералах. Сульфиды, самородные металлы и сплавы представлены мелкими рассеянными выделениями. Сильно восстановительные условия, при которых кристаллизовались изверженные породы, определили отсутствие трехвалентного железа. Образование реголита, по-видимому, обязано механической и термально-ударной дезинтеграции с незначительным поступлением материала из расплавов и паров. Аналоги продуктов наземного химического выветривания на Луне отсутствуют.

Х. Драйвер и Р. Джонстон, Великобритания (H. Drever, R. Johnston) обратили внимание на то, что для пород, доставленных с Луны экипажем Аполлона-12, характерна метастабильная форма кристаллизации. Таковы, например, ориентированные и неориентированные скелетные или дендритовые кристаллы оливина. В докладе А. Рида, США (A. Reid) и его соавторов приведены данные анализов стекол из лунного реголита, доставленного экипажами Аполлонов и Луной-16. Для стекол из лунных морей характерны разновидности с высоким содержанием железа и титана.

Д. Штёфлер и У. Хорнеманн, США (D. Stöffler, U. Hornemann) провели сопоставление кварцевых и полевошпатовых стекол, возникших под ударным воздействием в природных (земных и лунных)

и искусственных условиях. Авторы различают диаплектические стекла и минералы, которые были расплавлены ударным воздействием (пример — полевошпатовые стекла). Диаплектические стекла представляют продукты воздействия ударного сжатия 300—450 кбар, стекла минералов образуются при давлении более 450 кбар.

Остальные доклады этого раздела относятся к минералогии метеоритов. Б. Мэйсон, США (B. Mason) сделал обзор данных о встречаемых в них минералах, подчеркнув, что за последнее десятилетие число метеоритных минералов удвоилось и составляет около 80. Особенно большую роль в расширении и углублении знаний о минералах метеоритов сыграл электронный микроскоп, позволивший получить количественные данные о составе очень мелких зерен. При помощи микроскопа в метеоритах открыто пять фосфатных минералов, не известных в земных образованиях; обнаружены нитрид хрома, оксинитрид кремния, полиморфные модификации углерода (лансдэйлит и чаотит), шпинелевый (рингвудит) и гранатовый (меджорит) эквиваленты соответственно оливина и пироксена, ряд кальциевых и богатых алюминием силикатов, несколько богатых щелочами силикатов (включения в железных метеоритах). В докладе Л. Уолтера и Р. Додда, США (L. Walter, R. Dodd) содержались результаты изучения при помощи микроскопа 61 хондрулы, выделенной из метеорита Чейнпур. Авторы доклада сделали вывод о возникновении хондрул в связи с процессами фракционирования в паровой фазе. У. Ничипорук и К. Мур, США (W. Nichiporuk, C. Moore) методом атомной абсорбции определили количество калия, натрия, алюминия и кальция в тринадцати хондритах, содержащих углеродистое вещество; полученные данные, однако, не использованы для определенных генетических выводов. Проблема тектитов нашла освещение в докладе Р. Мартина, Канада (R. Martin). Специальное внимание им уделено так называемым микротектитам из Индийского и Тихого океанов; сделано заключение об их вулканогенной, а не космической природе. Истинные тектиты образуют шесть групп: 1) бедиаситы (Техас); 2) тектиты из штата Джорджия; 3) молдавиты (Чехословакия); 4) тектиты Берега Слоновой кости; 5) биллитониты (Юго-Восточная Азия); 6) австралиты и квинстоуниты (Австралия). Переплавление австралитов вследствие нагревания в атмосфере указывает на их вхождение в нее в виде твердого стекла с большей скоростью, чем у биллитонитов, для которых переплавление не установлено.

Минеральные ассоциации щелочных пород

Характерной особенностью отдельных докладов, посвященных минеральным ассоциациям щелочных пород, является широкое использование для решения генетических вопросов экспериментальных исследований. М. Суд, США (M. Sood) и А. Эдгар, Канада (A. Edgar) подробно рассмотрели генетическое значение изучения системы диопсид — форстерит — нефелин — альбит — лейцит и сделали вывод, что вследствие фракционирования родоначальной магмы состава оливинового лейцитита (угандита) могут возникать: а) лейцитовые базаниты, лейцитовые трахиты, лейцитовые фонолиты и фонолиты или б) оливин-нефелиновые лейцититы, лейцито-порфиры, лейцитовые фонолиты, фонолиты. В противоположность этому фракционирование магмы состава щелочного оливинового базальта или оливинового нефелинита может иметь следствием образование нефелинового базанита, нефелинового тейфрита, фонолита. Имеются природные аналоги указанных рядов пород (Италия, Чехословакия, Африка). В докладе К. Кёрри, Канада (K. Currie) нашли освещение эксперименты по плавлению

ультраосновных щелочных пород, показавшие, что могут существовать несмешивающиеся фракции, близкие по составу к карбонатиту, мelleйтиту и нефелиновому сиениту. С учетом геологических данных сформулировано заключение о проявлении несмесимости после кристаллизации оливина (с началом кристаллизации пироксена). Отделение значительных количеств карбонатитового материала имеет следствием образование относительно бедного натрием и богатого алюминием остатка, который служит для образования ийолитов, уртитов и миаскитов. Без отделения больших количеств карбонатитового материала в более поздний этап кристаллизации может образоваться очень богатый щелочами сиенит. Хотя очень богатые щелочами или алюминием породы могут быть дериватами нефелинитовой магмы, большие массы сиенита, видимо, возникают в результате анатексиса ранее существовавших щелочных пород. Первоначальным источником вещества щелочных пород является нефелинитовая магма, которая возникает из щелочного базальта путем десиликации, вызванной летучими веществами. Основная идея доклада Т. Эрнста и Р. Шваба, ФРГ (Т. Ernst, R. Schwab) заключается в том, что при высоких давлениях, характерных для мантии Земли, существуют химические связи, отличающиеся от таковых в земной коре. Это предположение послужило основой для вывода об ином поведении воды и углекислоты в мантии, чем в земной коре. Для воды он подтверждается экспериментами К. Скларра, показавшего, что группы $(\text{SiO}_4)^{4-}$ в силикатах могут быть замещены группами $(\text{H}_4\text{O}_4)^{4-}$; вероятно, замещение в силикатах мантии групп $(\text{SiO}_4)^{4-}$ на группы $(\text{CO}_4)^{4-}$. В соответствии с этим предполагается, что в мантии значительные массы углекислоты и воды содержатся в силикатах; это объясняет выделение больших количеств газов при формировании ультраосновных лав. С падением давления происходит разложение силикатов, содержащих $(\text{CO}_4)^{4-}$ и $(\text{H}_4\text{O}_4)^{4-}$. Состав магматических пород будет зависеть от состава исходного материала мантии и количества выделившихся из него воды и углекислоты.

Попытка использовать данные экспериментов для истолкования особенностей щелочной интрузии Маунт-Джонсон (Канада), внутренняя часть которой сложена эссекситом, а внешняя — пуласкитом, сделана С. Бхаттачарджи и К. Неру, США (S. Bhattacharji, C. Nehru). По мнению этих авторов, внутренняя часть интрузии образовалась путем фракционной кристаллизации неполностью дифференцированной щелочной базальтовой магмы; последующие процессы протекали при участии флюида и летучих веществ. М. Кармэн и Дж. Батлер, США (M. Carman, J. Butler), на основании изучения силла монзонита и сиенита в Рэттлснэйк-Маунтин (Техас), пришли к заключению, что его формирование включало образование несмешивающихся жидкостей, кристаллизационную дифференциацию и фильтрацию остатка. Обширный материал по щелочным комплексам СССР был обобщен в докладе, представленном О. А. Воробьевой (СССР) и ее сотрудниками. Важные выводы авторов этого доклада состоят в том, что щелочные магмы являются дериватами глубинных расплавов, а состав щелочных пород зависит от структурно-тектонических факторов и глубины магматических каналов. Принимается представление о формировании глубинных магматических серий при возрастании кислотности расплава в температурном интервале 1100—700° с участием водорода и углекислоты. Охарактеризовано также образование щелочных пород при метасоматической переработке и палингенезе сиалических масс под воздействием глубинных щелочных растворов. Проблема генезиса щелочных пород Восточно-Африканской рифтовой зоны нашла освещение в докладе В. Герасимовского и А. Полякова (СССР). В щелочных эффузивах восточной части зоны натрий

преобладает над калием, а для ее западной части характерно преобладание калия над натрием (мафуриты, катунгиты, угандиты и др.). Генерация расплавов, давших щелочные породы, связывается с подкоробными процессами. Подчеркнута генетическая связь эффузивных карбонатитов и щелочных пород. В. Вимменауэр, ФРГ (W. Wimmerauer) обрисовал особенности третичной и четвертичной щелочной провинции Центральной Европы, для которой очень характерны щелочные базальты. Автор разделяет представление о возникновении пород базальт-фонолитовой и базальт-трахитовой серий путем кристаллизационной дифференциации. Значительное обогащение пород щелочами ставится в связь с их газовым переносом. В образовании санидинитов и фенитов главная роль приписывается реакциям магматических эманий с породами земной коры. Явления фенитизации детально рассмотрены также Л. Копецким, Чехословакия (Л. Кореску) на основе представления о рифтовом характере тектонической зоны в пределах Богемского массива, к которой приурочены щелочные породы. Фениты этой зоны относятся к продуктам щелочного метасоматоза, а молодые щелочные вулканические породы — к продуктам частичного плавления материала земной коры или верхней мантии, измененного щелочным метасоматозом. Особенности петрологии щелочных плутонов докембрия Индии обобщены в докладе М. Боуса, Индия (M. Bose). Помимо общей характеристики пород (щелочное габбро, сиенит, щелочной сиенит, нефелиновый сиенит) в докладе приведены подробные сведения об их минералах. Щелочным комплексам Индии был посвящен также доклад К. Суббаро, США (K. Subbarao), который, основываясь на данных о нахождении биотитового мельтейгита и баркевикитового малиньита, сделал вывод о возникновении нефелинсодержащих пород Кунавара из основной щелочной магмы.

История минералогии

Этому вопросу был посвящен специальный симпозиум, предусмотренный программой Международной минералогической ассоциации. Он включал следующие доклады:

Дж. Бёрк, США (J. Burke). Представления о пространственной решетке в период, предшествовавший появлению работ Бравэ.

Р. Окар, Франция (R. Hocart). Кристаллография в период от Бравэ до Фриделя.

У. Холсер, США (W. Holser). История кристаллографических концепций Барлоу.

А. Поваренных (СССР). Значение научных трудов М. В. Ломоносова для развития минералогии в 18 столетии.

С. Шниёр, Канада (C. Schneer). О программе по истории минералогии.

Р. Шанклин, США (R. Shanklin). Изобретение и развитие двукружного гониометра.

Х. Уенден и Р. Шанклин, США (H. Wenden, R. Shanklin). Талбот и поляризационный микроскоп.

Все доклады вызвали живой интерес и несомненно будут способствовать выработке объективных представлений о развитии минералогии и значении методов, сыгравших важную роль в накоплении фундаментальных данных этой науки.

Заседания комиссий и общие собрания Международной минералогической ассоциации (ММА)

На заседании Комиссии по новым минералам и названиям минералов были приняты решения ускорить разработку предложений по рационализации номенклатуры минералов группы пироксенов, а также политических модификаций пирротиннов. Состоялась дискуссия по вопросу о так называемых минералах без названий, число которых непрерывно возрастает. Были высказаны три предложения: 1) не публиковать данные о подобных минералах до их полного изучения; 2) публиковать описания недостаточно изученных минералов под номерами, устанавливаемыми Комиссией по новым минералам и названиям минералов; 3) продолжать публиковать описания минералов без названий, но в дальнейшем, при уточнении их характеристики на основании более детального изучения, вопрос о названии предоставлять решать автору, впервые описавшему минерал. Комиссия приняла решение поручить доктору М. Мроз подготовить предложения по этому вопросу с учетом состоявшейся дискуссии.

Комиссия по новым минералам и названиям минералов признала совершенно необходимым установить рабочие контакты с петрографическим номенклатурным комитетом для исключения из практики работы минералогов и петрографов применение одних и тех же названий для минералов и горных пород.

Заседание Комиссии по константам минералов в основном было посвящено рассмотрению констант 72 новых минералов и 16 новых разновидностей. Кроме того, члены Комиссии обсудили вопрос о групповом названии для сложных сульфидов, которые рядом авторов все еще описываются под названием сульфосолей. Обмен мнениями по этому вопросу показал, что поскольку кристаллохимические данные говорят об отсутствии комплексных анионов в структуре сульфидов рассматриваемой группы, то применение этого названия следует считать нерациональным. Оно уже давно не фигурирует в «Минералогических таблицах» Х. Штрунца, не используется в английском журнале «Минералоджикал магазин» и в советском справочнике «Минералы». На основании голосования была принята единодушная рекомендация исключить название «сульфосоли» из минералогического обихода. Признано также, что объединявшиеся под этим названием минералы могут именоваться сульфидами сложного состава. Вместе с тем была подчеркнута необходимость разработки общей структурной классификации всех сульфидов — простых и сложных. Комиссия с удовлетворением приняла к сведению сообщение Х. Штрунца о том, что такая работа будет им выполнена в связи с подготовкой нового издания «Минералогических таблиц».

Комиссия обратила внимание на отсутствие согласованности рентгеновской и морфологической установок кристаллов для отдельных минералов и признала необходимым последовательно соблюдать принцип их соответствия.

На общем собрании Международной минералогической ассоциации было принято решение провести следующую конференцию Ассоциации в 1974 г. в Западном Берлине и ФРГ. Предполагается, что научные заседания будут проходить в Западном Берлине (3 дня), а экскурсия — на территории ФРГ с окончанием в Регенсбурге (Бавария). Программа этой конференции будет включать следующие разделы: 1) минералогия пегматитов, 2) минералогия зоны гипергенеза, 3) космическая минералогия, 4) рудная микроскопия, 5) адсорбирующие минералы. Было высказано пожелание об объединении конференции ММА и сессии Комиссии по включениям в минералах, которую намерено провести в ФРГ в 1974 г. Последующая конференция Между-

народной минералогической ассоциации будет приурочена к XXV Международному геологическому конгрессу; он состоит в 1976 г. в Австралии и Новой Зеландии.

Заключение

Сессия Международной минералогической ассоциации, включенная в общую программу XXIV Международного геологического конгресса, продемонстрировала значительные успехи в области методов исследования минералов, развитии теории образования минеральных видов и их ассоциаций, познании природы отдельных минералов и членов изоморфных серий.

Несомненным является усиление внимания к экспериментальному обоснованию данных о генезисе минералов и их ассоциаций. Возросший интерес к проблеме мантии Земли также нашел отражение в экспериментальных исследованиях, которые вместе с кристаллохимическими интерпретациями фазовых превращений в глубинах Земли создают все более широкую основу уточнения существующих представлений о состоянии вещества верхней мантии. Как общие данные о минералах, так и результаты их искусственного воспроизведения в определенных системах подчеркивают фундаментальное значение минералогии для понимания генезиса руд и горных пород, а также для конкретизации геохимических концепций. Впервые с достаточной широтой и полнотой освещены проблемы космической минералогии. Помимо суммирования данных о минералах метеоритов, в изучении которых очевидны большие успехи, обобщены данные по минералогии Луны, имеющие огромную ценность для суждения о процессах минералообразования на Земле в очень ранний период ее существования и для уточнения представлений о первичных и вторичных источниках рудообразующих веществ на нашей планете.

Г. Ф. Крашенинников

СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЛИТОЛОГИИ

Литология — наука об осадочных породах — была представлена на XXIV сессии Международного геологического конгресса довольно широко. Эта сессия, как известно, не была специально посвящена проблемам литологии, поэтому ее итоги дают лишь частичное представление о современном состоянии этой науки и о путях ее развития. Вместе с тем, поскольку сессия была общегеологической, на ней были затронуты и рассмотрены с той или иной степенью подробности все ветви современной геологии, а поэтому материалы сессии дают возможность оценить место литологии в общем кругу геологических наук и ее значение в развитии соседних направлений геологии. Поскольку это представляет интерес для широкого круга геологов, именно этому и будет посвящено основное содержание данной статьи.

Основное количество докладов литологического направления было сосредоточено на секции «Стратиграфия и седиментология». Таким образом, согласно установке канадских организаторов сессии, седиментология (т. е. литология) не была выделена самостоятельно, а выступала вместе с другой, не менее важной ветвью геологии. Можно было думать поэтому, что основным содержанием работы этой секции явится главным образом обсуждение проблем и докладов стратиграфического направления, а вопросы литологии («седиментологии») займут на ней подчиненное положение. Однако в действительности положение оказалось обратным. Из общего количества 51 докладов, представленных на эту секцию, только 13 касались вопросов стратиграфии и региональной геологии, а 38 докладов имели литологическое содержание. При этом собственно стратиграфические вопросы рассматривались всего в четырех докладах, а девять были посвящены, по существу, региональной геологии, например доклад П. Валлас, Англия (P. Wallace) — «Геология винодельческих районов». Доклады литологического профиля в свою очередь можно разделить на несколько групп (рис. 52). Наибольшее количество докладов касалось генетического анализа осадочных пород конкретных регионов, а также генетическое истолкование тех или иных признаков пород — их минерального состава, структур, текстур, строения разрезов и т. д.; всего таких докладов было, как показано на рис. 52, 23 доклада. При этом целый ряд таких докладов был посвящен теме, названной организаторами Сессии «Сравнительная стратиграфия и седиментология флишевых бассейнов» и на эту тему было представлено девять сообщений.

Как видим, проблема флиша, хорошо знакомая советским геологам и литологам, так как она неоднократно обсуждалась у нас на различных совещаниях и в литературе, продолжает интересовать и зарубежных ученых. Большой интерес к этой проблеме вызван, на мой взгляд, тремя обстоятельствами: во-первых, широким распространением флиша, а особенно флишеподобных (как их у нас принято называть «флишоидных») толщ в отложениях разного геологического возраста и с различной

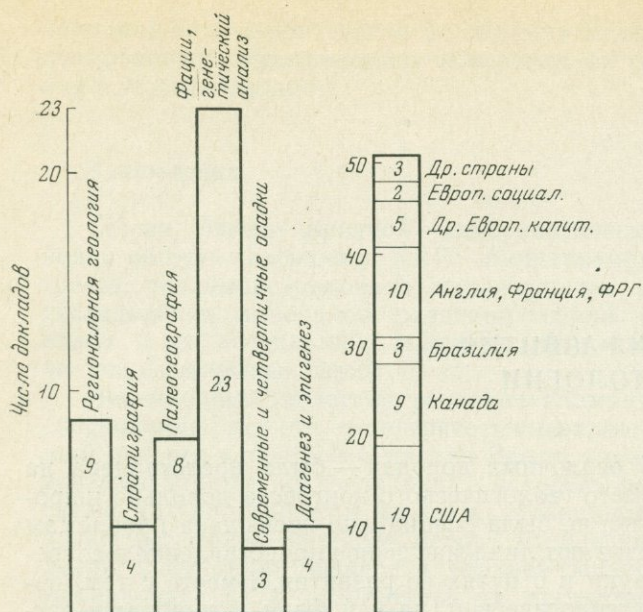


Рис. 52. Распределение докладов секции «Стратиграфия и седиментология» XXIV сессии Международного геологического конгресса по основным обсуждавшимся темам и странам (Монреаль, 1972 г.)

тектонической позицией; во-вторых, тем, что генезис этих образований во многом еще остается загадочным, в частности знаменитые флишевые «иероглифы» еще до сих пор частью остаются неразгаданными письменами; в-третьих, наконец, тем, что с флишем связаны различные виды полезных ископаемых, в частности иногда образование нефти пытаются связать с вопросом о генезисе флиша.

Доклады по флишевой проблеме были представлены главным образом западноевропейскими и американскими геологами (США и Канада), только один доклад, посвященный генезису флиша и не вошедший в опубликованную программу, был сделан участником советской делегации (Н. Логвиненко). В заслушанных и обсужденных докладах рассматривались флишевые толщи от раннепалеозойского возраста в арктической Канаде и в Центральных Аппалачах до классического позднемелового и палеогенового флиша Альп. Для истолкования генезиса флиша в настоящее время широко используются результаты глубоководного бурения в Средиземном море и в приматериковой части Тихого океана. Эти результаты показали, в частности, развитие современных и новейших флишеподобных отложений в примыкающих к континентальному склону частях абиссальных равнин, причем значительная часть характерных особенностей флишевых отложений находит объяснение деятельностью мутьевых потоков (суспензионных течений, как их иногда называют). Идея об образовании флиша именно таким путем находит в настоящее время, как показали обсужденные доклады, наибольшее число сторонников. Что касается тектонической стороны флишевой проблемы, т. е. того, для каких тектонических зон геосинклинальных областей и с какими стадиями их развития связано образование флишевых толщ,— то здесь существует еще очень большой разброс мнений. Это же касается вопросов о деталях строения флишевых ритмов и механизме формирования некоторых характерных для флиша структур, текстур и вещественного состава. У меня лично сложилось такое впечатление, что если геологи в настоящее время более или менее разобрались с вопросом об основных условиях накопления, палеогеографии и тектоническом режиме типичного позднемезозойского и палеогенового флиша в наиболее изученных областях его развития в Альпах и на Кавказе, то со всеми этими вопросами в отношении так называемых флишоидных (т. е. флишеподобных) толщ дело еще весьма далеко от разъяснения. Я думаю, что под «флишоидны-

ми» у нас в СССР и за границей понимают настолько разнообразные по своему составу, строению и тектоническим и палеогеографическим условиям образования отложения, что с собственно флишем они имеют очень мало, если вообще имеют что-либо общего. В этом, в частности, мне пришлось убедиться и во время экскурсии через Канадские Кордильеры и Скалистые горы после Конгресса, когда участникам этой экскурсии в ряде пунктов демонстрировались «флишевые толщи», имевшие на мой взгляд с настоящим флишем лишь некоторые формальные черты сходства по некоторым отдельным внешним признакам — например, по тонкой горизонтальной слоистости с чередованием слоев песчаного, алевроитового и глинистого состава или по наличию текстур на поверхностях наслоения, напоминающие флишевые иероглифы и т. д. Во время же дискуссий на таких обнажениях мы имели возможность убедиться в том, насколько по-разному понимают «флишеидные толщи» как зарубежные, так и наши советские геологи (поскольку в этой экскурсии участвовало 11 представителей СССР — геологов, работающих в самых разных районах нашей страны). Поэтому и нам, у себя в стране, целесообразно разобратся в объеме понятий «типичный флиш» и особенно в понятии «флишеидные отложения», так как в современном употреблении это выражение лишено определенности и вносит путаницу и в без того еще далеко не вполне ясную проблему генезиса и вообще геологического смысла флиша.

Другая группа докладов касалась палеогеографических и литологических аспектов проблемы движения материков. Несколько докладов рассматривали эту проблему со стратиграфических и регионально-геологических позиций. Этих докладов я затрагивать не буду, так как они не имели литологического содержания. Что же касается докладов с литологическим направлением, то их по проблеме движения материков было шесть. Прежде всего следует отметить, что проблема движения материков была в числе довольно широко обсуждавшихся на сессии и притом под самыми разными углами зрения. Вызвано это положение тем, что результаты нескольких десятков глубоководных буровых скважин в Атлантическом океане, осуществленные американской экспедицией на судне «Гломар Челленджер», весьма подкрепили идею о раздвижении материков по обе стороны Атлантического океана, причем настолько существенно подкрепили, что большинство американских и канадских геологов склонны теперь рассматривать эту концепцию не как гипотетическую, а как установленный факт. Европейские геологи относятся пока к этой концепции более сдержанно. Во всяком случае на заседаниях многих секций, где затрагивалась проблема движения материков, в большинстве случаев приводились основания в подтверждение этой концепции и только единичные голоса раздавались с призывами к осторожности в выводах. Не избежала такой участи и литологическая сторона проблемы. Так, например, в докладе известного американского литолога Л. Слосса (L. Sloss) на тему: «Синхронность фанерозойского осадкообразования и тектонических событий на Североамериканском кратоне и на Русской платформе» — была продемонстрирована серия графиков, на которых показано сходство эволюции осадочного процесса на этой платформе с тем же процессом в западной, преимущественно канадской части Североамериканской платформы в ее послерифейском осадочном чехле. При составлении графиков Слоссом была широко использована методика изображения и фактический материал, почерпнутые им из наших известных изданий атласов литолого-палеогеографических карт Русской платформы и ее обрамления и из других наших, связанных с этой серией работ. Выявленное таким путем сходство в палеогеографическом развитии этих двух обширных регионов привело Слосса к выводу, высказанному, правда, в осторожной форме, что при сходстве истории таких удаленных друг от друга в настоящее время тектонических элементов,

как Русская и Северо-Американская платформы, они прежде располагались значительно ближе одна к другой.

В ряде других докладов освещались черты сходства (но редко различия!) в основных чертах литологического состава, строения разрезов и палеогеографической обстановки для различных отрезков времени восточных частей Северной и Южной Америки с противолежащими им в настоящее время территориями в западных частях Европы, Африки и Южной части Гренландии. Нужно отметить, что некоторые из этих сообщений производили весьма убедительное впечатление, например доклад К. Светта и Д. Смита, США (K. Swett, D. Smith) о шельфовых осадках кембрийского и ордовикского возраста в западной части Ньюфаундленда, Северо-Западной Шотландии и Восточной Гренландии. Иллюстрированный многочисленными фотографиями обнажений, стратиграфическими колонками и палеогеографическими схемами этот доклад был, на мой взгляд, один из лучших. Мелководная природа отложений доказывалась многочисленными литологическими признаками, в числе которых были очень хорошие цветные микрофотографии шлифов, показывающие детали структуры и состава пород, легко объяснимые с точки зрения их мелководного морского происхождения (в приливно-отливной зоне в том числе). Вообще на всех докладах, на которых демонстрировались микрофотографии шлифов и пришлифовок, а также фотографии штуфов, они были всегда выполнены на цветной пленке и это, надо откровенно заметить, значительно увеличивает доходчивость соответствующего материала. Весьма интересные и убедительные данные в пользу территориальной близости нижнемелового (раннемелового) бассейна соленакопления Бразилии и Западной Африки были приведены в докладе Н. Вардлоу, Канада (N. Wardlaw), и Г. Никольса, Англия (G. Nicholls) на тему: «Меловые эвапориты Бразилии и Западной Африки и их значение для теории раздвижения материков». Особенно ясными оказались доказательства геохимического порядка, в частности отношение брома к рубидию в карналлите из Бразилии и Африки практически совпадает, тогда как это же соотношение из всех других, проанализированных авторами местонахождений разных частей земного шара, оказывается существенно различным. Такое же сходство обнаружило содержание в солях и других микроэлементов, таких, как бор, фтор, бром, стронций и др., причем исследование велось по отдельным минералам: галиту, сильвину и т. д. Сходство в строении разрезов соленосных толщ и их закономерные изменения на площади дают дальнейший комплекс доказательств.

Еще одна проблема, обсуждавшаяся на секции, касалась практического значения генезиса и диагенеза карбонатных пород — главным образом известняков. Здесь прежде всего следует отметить, что эта проблема вполне литологического порядка привлекла 12 докладчиков, т. е. ей было уделено значительное внимание. Объясняется это, на мой взгляд, прежде всего существенным практическим значением вопроса. Дело в том, что условия накопления первичного карбонатного осадка, из которого затем получают известняки, а иногда и доломиты, во многом влияют, а иногда и определяют физические, в том числе механические, свойства соответствующих пород, многие из которых используются либо непосредственно, как минеральное сырье (строительный камень, сырье для цементной и металлургической промышленности и др.), либо карбонатные породы оказываются резервуарами для скопления нефти, природного горючего газа, подземных вод, в том числе минеральных, местами концентрации цветных металлов. Поэтому исследование условий накопления первичного осадка и его дальнейших преобразований в ходе диагенеза и эпигенеза (катагенеза по терминологии многих советских исследователей) имеют важное значение для понимания свойств карбонатных пород, как полезных ископаемых и как резервуаров для концен-

трации полезных продуктов. Все это нашло отражение в работе соответствующего раздела секции. Обращаясь к результатам обсуждения докладов этого раздела по существу, нужно обратить внимание на то, что подавляющее большинство американских и канадских геологов и литологов понимают диагенез очень широко и включают в него не только процессы превращения осадка в породу, как это принято у нас, но включают и то, что у нас обычно выделяют под названием эпигенетических (катагенетических) процессов. Основанием для такого обобщенного понимания термина «диагенез» служит то, что граница между диагенетическими и эпигенетическими процессами, а следовательно, и проявлением этих процессов в конкретных признаках пород очень неопределенная. В самом деле, до настоящего времени в литологии не установлено, в какой момент формирования породы из осадка этот процесс можно считать законченным, т. е. образовалась горная порода и дальше, следовательно, началась новая стадия в ее развитии, стадия эпигенетическая. Согласно существующим у нас представлениям, эта стадия заканчивается тогда, когда между породой и средой ее существования устанавливается физико-химическое и геохимическое равновесие,— тогда диагенез, т. е. превращение осадка в породу, заканчивается. Но дело в том, что по существу это равновесие никогда не устанавливается и по всем показателям среды и вещества пород установиться не может. Поэтому граница между осадком и породой неизбежно оказывается условной, так же как условной оказывается и граница между процессами формирования породы и ее дальнейшими преобразованиями. Для того чтобы избежать этой неопределенности, многие иностранные геологи, особенно на американском континенте, предпочитают не выделять отдельно диагенетической и эпигенетической стадии. Во всех докладах по разделу «Генезис и диагенез карбонатных пород» эти представления прозвучали вполне отчетливо. В большинстве докладов по рассматриваемому разделу влияние диагенетических процессов рассматривалось на фоне первичных генетических признаков соответствующих пород. Поэтому генетический анализ известняков занял в этих докладах видное место. Только в четырех докладах из этой серии диагенетические проявления в карбонатных породах рассматривались непосредственно — вне связи с предшествующей историей их формирования. Вообще в докладах как по данному разделу, так и по другим вопросам на секции ясно проявилась одна из очень характерных черт современной литологии — тенденция к генетическому характеру исследования, причем все наблюдаемые признаки пород приобретают то или иное генетическое содержание и осмысливаются именно с точки зрения того, в каких условиях и под влиянием каких причин эти признаки могли образоваться. Периоду описательной петрографии осадочных пород пришел естественный конец.

По существу, доклады рассматриваемого раздела были разнообразными и охватывали проблему диагенеза (включая и эпигенез в нашем понимании) достаточно широко. Так, были доклады, рассматривавшие полиметаллическую минерализацию карбонатных пород как результат эпигенетических процессов, в той или иной мере наложенных на первично осадочную минерализацию. Например, доклад Дж. Риджа, США (J. Ridge), и И. Смоларской, Польша (I. Smolarska) о свинцово-цинковых месторождениях в Южной Польше или доклад Ю. Коллинса и Л. Смита, Канада (J. Collins, L. Smith) о сфалеритовой минерализации в раннеордовикских доломитах Западного Ньюфаундленда и др. Эти доклады четко перекликаются по своему содержанию с рядом сообщений на секции «Рудные месторождения», на чем придется остановиться ниже. Несколько докладов было посвящено исследованиям диагенетических процессов в современных и четвертичных известняках, в том числе на коралловых рифах; были доклады, посвященные процессам формирования порового пространства в карбонатных породах, причем от тонкой пористости до карста (и связанной с последним рудной минерализацией).

Наконец, целый ряд докладов на секции был посвящен вопросам, не вошедшим ни в один из рассмотренных выше разделов. Эта группа докладов была отнесена, согласно программе, к «Вопросам седиментологии общего интереса». Сюда попали очень разные темы, но большая их часть касалась генетического анализа отложений того или иного конкретного района или генетического смысла каких-либо отдельных признаков отложений, чаще всего текстурного (в нашем понимании этого термина) порядка¹. Так, например, к первым относился доклад Б. Мукерджи и П. Дасгупта, Индия (B. Mukhejee, P. Dasgupta) об условиях накопления верхней части позднесилурийских — раннедевонских белых кварцитов одного из районов Центральных Гималаев. По целому комплексу признаков, среди которых немаловажное значение имеют гранулометрический состав породы и особенности ее минералогии, авторы доказывают ее эоловый генезис. Из докладов, посвященных генетическому анализу отдельных признаков, отметим доклад И. Мартини, Канада (I. Martini), об особенностях микротекстуры (упаковки) в силурийских песчаниках одного из районов штата Онтарио, причем автор доказывал, как первичная седиментационная упаковка зерен претерпевает изменения под влиянием диагенетических процессов, в частности растворением части кварцевых зерен от давления нагрузки вышележащих пород. Еще несколько докладов этой последней группы были посвящены вопросам палеогеографии некоторых конкретных регионов Южной Америки.

Кроме основной для литологической тематики секции, обсуждение вопросов осадочного пороодообразования, условий формирования руд и иных видов полезных ископаемых, в той или иной степени связанных с осадочным процессом, а также рассмотрение некоторых других проблем, связанных с литологией, имело место и на ряде других секций. Так как это дает ясное представление о направлениях современного проникновения литологии в смежные области, остановимся на этих секциях и докладах на них.

На секции «Геология докембрия» были доклады, в которых методы литологии использовались главным образом для восстановления условий образования докембрийских осадочных и метаморфизованных пород. Таким был, например, доклад К. Блондо и Д. Лове, США (K. Blondeau, D. Lowe) о позднедокембрийских ледниковых отложениях в Центральных Аппалачах. По комплексу литологических признаков авторы установили присутствие в изученных ими разрезах ледниковых и перигляциальных отложений, а именно тиллитов (валунные аргиллиты), озерно-ледниковых отложений (ленточные филлиты), переслаивающихся с турбидитами, а также флювио-гляциальных отложений, представленных аркозовыми конгломератами с грубой косою слоистостью, невыдержанностью отдельных слоев и плохой сортировкой по крупности; кроме того, в разрезе присутствуют риолиты и пирокластические образования.

На секции «Минеральные месторождения», работа которой была главным образом посвящена рассмотрению вопросов, связанных с рудными месторождениями, из общего количества около 70 докладов примерно 20 были посвящены заведомо осадочным, стратиформным и вулканогенно-осадочным месторождениям, а также ряду принципиальных вопросов осадочного рудообразования. В обсуждении этих вопросов видное место заняли доклады наших советских ученых. Так, например, в докладе Г. Дзоценидзе была рассмотрена роль вулканогенно-осадочного процесса в образовании ряда железорудных месторождений, в до-

¹ Следует напомнить, что в литературе на английском языке термин «структура» (structure) соответствует нашему термину «текстура», и наоборот; это же имеет место и в разговорном языке.

кладе И. Варенцова рассмотрены некоторые стороны формирования железо-марганцевых руд в современных водоемах, в докладе В. Смирнова освещены связи, выявленные между сингенетичными и эпигенетичными процессами при образовании стратиформных рудных месторождений на материале рудных залежей в Советском Союзе и т. д. Много докладов на те же проблемы представили и иностранные ученые. Таким образом, вопросы осадочного, диагенетического, эпигенетического и вулканогенно-осадочного рудообразования стали темой широкого международного обсуждения.

На секции «Горючие ископаемые», работа которой была посвящена только вопросам, связанным с нефтью и природным горючим газом (без углей), кроме докладов, посвященных тектонике, перспективам нефтегазоносности отдельных регионов и т. п., было около 10 докладов, касавшихся литологии и палеогеографии нефтепроизводящихся толщ — например, доклад Е. Конибера, Австралия (E. Conybere) «Накопление нефти в древних речных песках, палеогеографический обзор», доклад Г. Ованесова (СССР) с соавторами «Рифы Камско-Кинельской зоны трогов и их роль в процессах накопления нефти» и т. д. Во всех подобных докладах литологические особенности отложений, осмысленные с генетической точки зрения, использовались для выявления закономерностей распределения нефти, а иногда и природного горючего газа в этих отложениях. Таким образом, здесь литологические признаки и выявленные элементы палеогеографии находят прямой практический выход.

На секции «Палеонтология», в работе которой, казалось бы на первый взгляд, вопросы литологии не должны были обсуждаться, тем не менее был специальный раздел работы, посвященный обсуждению докладов в области палеоэкологии. Эта наука, как известно, выявляя условия обитания ископаемых организмов — глубину, соленость, динамику среды обитания, характер грунта и т. д. — связывает палеонтологию с литологией. Докладов такого направления было 14, например доклад П. Валлас, Англия (P. Wallace) «Население и обстановки осадконакопления в девоне Кантаберийских Кордильер в Северной Испании», доклад Д. Кальо (СССР) «Фациальный контроль распределения фауны в силуре на востоке Балтийского региона» и т. д. Этот раздел работы сессии Конгресса имел для нас тем большее значение, что Советский Союз справедливо считается страной, занимающей ведущее положение в разработке методики и в осуществлении палеоэкологических исследований. Это было признано и канадскими организаторами Сессии, так как первым председателем на заседаниях по указанному разделу был назначен наш ученый, Р. Геккер, к сожалению, не смогший прибыть на Конгресс.

На секции «Морская геология» около 15 докладов были посвящены современным и новейшим осадкам в морях и океанах и вопросам палеогеографии. Большой интерес вызвал доклад П. Безрукова и И. Мурдмаа «Осадконакопление в океане (по материалам новой карты осадков Тихого океана)». Исследования наших литологов и геологов в области литологии морских осадков также давно уже пользуются мировым признанием, в частности современные карты морских и океанических осадков составлены именно советскими учеными и использованы, например, Н. Страховым для его известных разработок в области теории литогенеза.

На секции «Геохимия» вопросам, тесно связанным с литологической тематикой, было посвящено примерно 25 докладов, что составляет одну треть их общего числа по этой секции. Очень интересно отметить, что многие доклады были посвящены геохимии ледниковых отложений и современных мерзлых пород, широко распространенных в северной части Канады; эти новые данные существенно дополнили наши представ-

ления о характере ледникового типа литогенеза, для которого, как это представлялось раньше, химические процессы совсем не свойственны. Сейчас же выясняется, что в полярных областях, в условиях нивального климата, геохимические процессы имеют место и даже протекают достаточно интенсивно для того, чтобы оказывать существенное влияние на осадки и осадочные породы. В частности, относительно легко растворимые соединения, которые в более умеренном влажном климате легко вымываются из пород, в условиях устойчиво мерзлых пород оказываются достаточно устойчивыми и вызывают появление новых качеств пород. Следовательно, эти процессы заслуживают самого пристального внимания. В Канаде интерес к ним возник главным образом в связи с проблемой промышленного освоения Дальнего Севера. Здесь не трудно увидеть прямую аналогию с современным положением в нашей стране.

Наконец, на секциях «Четвертичная геология» и «Инженерная геология» были единичные доклады с литологическим направлением, не попавшие ни в одну из рассмотренных выше секций, например доклад Р. Оливьера, Португалия (R. Oliveira), о влиянии литологических особенностей пород на устойчивость склонов и некоторые другие.

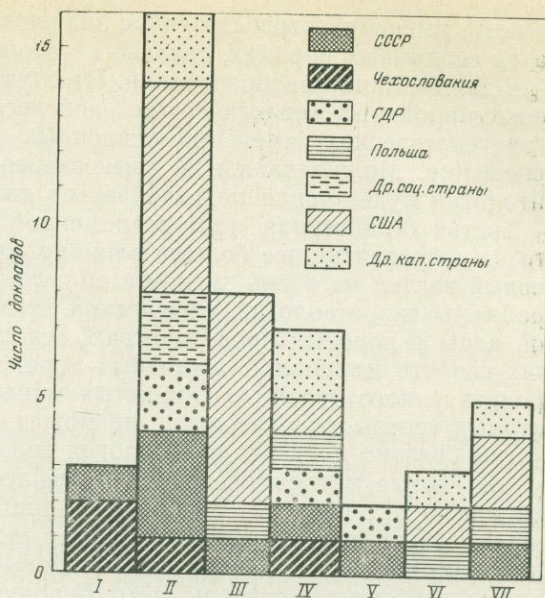
Обращаясь к общей характеристике современного состояния литологии, как о нем можно получить представление на основании итогов сессии Конгресса, следует отметить несколько характерных особенностей. Прежде всего это широкое развитие генетического направления в литологии. Это ясно видно из содержания работы основной для литологической тематики секции «Стратиграфия и седиментология», а также и работы других секций. Естественно возникает вопрос, не есть ли такое направление литологии случайным, кажущимся, специфичным именно для данной XXIV сессии Международного геологического конгресса? Для ответа на этот вопрос целесообразно сравнить характер литологической тематики на XXIV сессии с тем, что имело место четыре года тому назад, на предыдущей XXIII сессии, проходившей в 1968 г. в Чехословакии. По итогам сессии 1968 г. у нас опубликован сборник, в котором была помещена статья автора этих строк с обсуждением проблем литологии¹. Из этой статьи заимствован один из рисунков, на котором графически показано распределение докладов секции № 8 по темам и странам. Эта секция имела название «Классификация и генезис осадочных пород» и была основной для литологической тематики. Как видим на рисунке (рис. 53), наибольшее число докладов привлек второй раздел тематики работы секции, а именно вопросы генезиса древних осадочных пород и толщ. По этому разделу в тезисах было опубликовано 17 докладов, а в Трудах Конгресса — 10 докладов. Если сюда прибавить еще доклады, посвященные условиям образования современных и четвертичных отложений в количестве 8, то, принимая во внимание, что всего в тезисах опубликовано 44 доклада, а в Трудах — всего 25 докладов, становится ясно, что и на XXIII сессии Геологического конгресса в части литологической тематики господствовало то же генетическое направление. При этом, если обратить внимание на то, представителями каких стран даны те или иные доклады, то можно убедиться в том, что никакой специфики в распределении тематики по странам нет — число докладов по каждой из показанных на рис. 53 тем распределяется по странам примерно пропорционально общему количеству докладов данной страны. Отсюда следует естественный вывод, что указанное направление развития литологии есть процесс интернациональный. Скорее всего он связан с осознанной геологами и литологами необходимостью

¹ Проблемы геологии на XXIII сессии Международного геологического конгресса. Изд-во «Наука», 1971, стр. 128—134.

Рис. 53. Распределение докладов секции «Классификация и происхождение осадочных пород» XXIII сессии Международного геологического конгресса (Прага, 1968 г.) по основным темам и странам

Темы докладов:

- I — классификация осадочных пород;
- II — палеогеография и происхождение осадочных пород;
- III — условия формирования современных и четвертичных отложений;
- IV — процессы диагенеза;
- V — понятие о фациях и генетическом анализе;
- VI — структуры и текстуры осадочных пород;
- VII — лабораторные методы изучения.



обратиться к выяснению закономерностей в изменениях состава и свойств осадочных пород и связанных с ними полезных ископаемых для наиболее целесообразного их использования, а также для наиболее эффективного осуществления геолого-поисковых и геологоразведочных работ. В настоящее время уже ни у кого не вызывает сомнения то, что эти задачи можно наиболее успешно решить на основании генетического подхода. Можно не сомневаться поэтому в том, что и в дальнейшем развитии литологии генетический анализ, во всех его аспектах, будет сохраняться в качестве основного направления.

Вторая характерная черта развития современной литологии заключается во все более интенсивном ее проникновении в смежные области геологии и особенно в учение о полезных ископаемых. На мой взгляд, по существу экзогенные полезные ископаемые являются такими же осадочными породами, как и широко распространенные песчаники, известняки и т. д., при непрременном условии, конечно, что образование этих полезных ископаемых произошло под влиянием тех же поверхностных и близкоповерхностных процессов и в условиях физико-химических, биологических и термодинамических показателей среды, какие характерны для поверхностных зон земного шара, тех зон, которые в литологии называются зонами осадкообразования и стратисферы. Главная специфика большинства видов полезных ископаемых заключается в том, что они представляют собой относительно редкие образования — редкие потому, что нужно очень благоприятное сочетание тех многочисленных факторов, которые ведут к концентрации полезного компонента или к появлению в породе нужных свойств, которые делают ее ценным сырьем, а такое сочетание появляется не часто. Тем более важно, выявляя закономерности проявления полезных ископаемых и изменения их свойств в земных недрах, особенно тщательно связывать общие условия среды осадкообразования, диагенеза и эпигенеза с теми специфическими условиями, которые определили формирование данного вида минерального сырья.

Очень существенно проникновение литологии и в инженерную геологию. В самом деле, еще сравнительно недавно в литологии совсем не рассматривались или почти не рассматривались физико-механические свойства пород. Вместе с тем несомненно, что формирование этих

свойств, имеющих первостепенное значение для всех видов строительства на осадочных породах, связано с условиями образования этих пород и их дальнейших преобразований. Не случайно поэтому на XXIV сессии Международного геологического конгресса вопросы диагенетических и эпигенетических изменений осадочных пород получили специальное освещение. Можно также не сомневаться в том, что это направление литологии будет усиленно развиваться дальше.

Третья характерная черта современной литологии заключается в том, что на ее развитие все больше влияния оказывают смежные и даже на первый взгляд не очень смежные области геологии и других наук. Так, проблемы гидрогеологии, физической химии, особенно свойства связанной воды в поровых пространствах осадочных пород, детали физических свойств минералов осадочных пород, в частности наиболее распространенного кварца и глинистых минералов — все это вопросы, без которых теперь уже литология не может успешно развиваться дальше. С этим связано и то, что в литологии все более широкое применение получают новые методы исследования вещества. На докладах XXIV сессии, особенно в разделах, касавшихся диагенетических изменений пород, широко были использованы, например, возможности, предоставляемые для изучения деталей строения растровым электронным микроскопом. Нужно, чтобы этот и другие методы получили бы и у нас необходимое применение.

В целом XXIV сессия Международного геологического конгресса оставила у всех ее участников чувство большого удовлетворения и признательности гостеприимным канадским геологам.

Д. С. Коржинский, В. А. Жариков

ПЕТРОЛОГИЯ

Общая характеристика

Проблемы петрологии широко освещались на XXIV сессии Международного геологического конгресса. Работала секция «Петрология», в которую было представлено 59 докладов, и 38 из них было заслушано на 8 заседаниях (4 дня) секции. Кроме того, на трех совместных заседаниях «Петрология» и «Минералогия» было прочитано 12 докладов по петрологии щелочных пород. Вопросы петрологии освещались и в докладах на других секциях: на секции «Геология докембрия» — 13 докладов, на секции «Минеральные месторождения» — 6 докладов, на секции «Геохимия» — 12 докладов. Кроме отмеченных, на двух заседаниях секции «Минералогия» были прослушаны 10 докладов по теме «Последние достижения в изучении минералов и пород при высоких температурах и давлениях». Наконец, в рамках Конгресса состоялся симпозиум «Экспериментальная петрология и глобальная тектоника», где было представлено семь сообщений по этой теме.

Общее число петрологических докладов, таким образом, порядка 120, что, конечно, достаточно условно, так как петрологические мотивы звучали в докладах многих других секций, равно как в сообщениях на секции «Петрология» затрагивались вопросы минералогии, геохимии, рудоносности и т. д.

Характерна широкая, но неравномерная представительность стран среди докладчиков петрологических проблем. Из общего числа 120 докладов, поступивших из 27 стран, приходится на долю США — 34 доклада, СССР — 15 докладов, Канады — 11, Великобритании — 10, ФРГ — 6, Австралии — 5, Японии — 5, Чехословакии — 4, Франции — 4, ЮАР — 3, по два доклада представлено из Бельгии, Голландии, Индии, Италии, Южной Кореи и Португалии, по одному докладу из Болгарии, Бразилии, Израиля, Мексики, Нигерии, Норвегии, Румынии, Швеции, Чили и др. Эти цифры не отражают, конечно, размах петрологических исследований в тех или других странах, но в то же время представляют определенный интерес.

Тематика петрологических докладов была весьма разнообразна, существенно шире намеченного в первом циркуляре круга выдвигаемых для обсуждения вопросов. Если попытаться как-то в целом охарактеризовать петрологическую тематику, то можно выделить следующие главные направления.

1. Наиболее представительным было обсуждение различных проблем метаморфизма (36 докладов), которое охватывало общие вопросы метаморфизма (9 докладов), характеристику образований высоких ступеней метаморфизма и зон мигматизации (14 докладов), вопросы регионального метаморфизма средних и низких ступеней (6 докладов), метаморфизм отдельных регионов (4 доклада), контактовый метаморфизм (2 доклада) и метаморфогенные тальковые месторождения (один доклад).

2. К метаморфической тематике очень тесно, естественно, примыкали петрологические доклады секции докембрия (13 докладов), в которых приводилась характеристика докембрия отдельных регионов (Ангола, Арабский щит, Украинский щит и др.) или обсуждались особенности и условия образования различных докембрийских комплексов.

3. Значительное внимание было уделено изложению и обсуждению результатов экспериментального изучения магматических (9 докладов) и метаморфических (3 доклада) систем, включая проблему мантийных равновесий (3 доклада).

4. Специальный симпозиум, как мы уже отмечали, был посвящен рассмотрению петрологических аспектов новой глобальной тектоники в свете экспериментальных данных (7 докладов). Идеи тектоники плит звучали и в других петрологических докладах на секциях докембрия и петрологии.

5. Проблема щелочных пород была вынесена на обсуждение Конгресса оргкомитетом и получила разностороннее освещение (13 докладов).

6. Проблема анортозитов также была выдвинута оргкомитетом и нашла свое отражение (7 докладов).

7. Распределение компонентов между сосуществующими минералами — одно из активно развивающихся направлений в петрологии — было представлено 9 докладами.

8. Тематика докладов по ультраосновным и основным породам (7 докладов) оказалась очень разнообразной. Она охватывала и офиолитовые комплексы, и расслоенные серии, и кимберлиты, и процессы серпентинизации.

9. Еще более «разношерстной» была гранитная тематика. Все 7 докладов были посвящены разным вопросам, и их объединяет только общее понятие «гранитоиды».

10. Вопросы региональной петрографии были освещены в 6 докладах, касавшихся преимущественно районов развития вулканогенных комплексов.

11. Наконец, 5 докладов были посвящены петрологии околорудных пород, скарнов, грейзенов и вторичных кварцитов.

Обратимся теперь к более подробному освещению наиболее существенных или показательных докладов по выделенным темам, за исключением разделов 2, 5 и 11, которые рассматриваются в других статьях сборника.

Проблемы метаморфизма

Вопросы метаморфизма, как можно видеть из числа представленных докладов, явно доминировали в петрологической тематике.

Среди общих проблем наибольший интерес представляло обсуждение разных аспектов флюидного режима при метаморфизме. Этим вопросам были посвящены доклады Ф. Орвиля, США (Ph. Orville) «Роль состава флюидов при региональном метаморфизме», Ж. Турэ, Франция (J. Touret), «Фация гранулитов: роль и природа флюида», Ф. Сасси, Италия (F. Sassi) «Рассмотрение некоторых метаморфических реакций», Г. Эйгстера, США (H. Eugster), «Восстановление и окисление при метаморфизме», Дж. Томпсона, США (J. Thompson) «Сульфиды и окислы при региональном метаморфизме пеллитовых сланцев». Затрагивались эти вопросы и во многих других докладах, например в докладах В. Файфа и Дж. Брауна, Англия (W. Fyfe, J. Brown) «Переход от метаморфизма к плавлению: условия гранулитовой и эклогитовой фации», В. Джоли, Канада (W. Jolli) «Гидратация и дегидратация при метаморфизме низких ступеней основных вулканитов», Е-ан-Зена, США (E.-an-Zen) «Препитпумпеллитовая фация метаморфических пород» и в др.

Основная идея этих докладов — идея в общем-то уже общепринятая — состоит в следующем. Поскольку метаморфизм осуществляется в присутствии сложных по составу растворов, то: а) реакции гидратации, карбонатизации и другие реакции с участием «летучих» компонентов определяются парциальными давлениями или фугитивностями этих компонентов и б) обратно соответствующие реакции могут служить индикатором состава флюидов. Каких-либо конкретных схем зависимости флюидного режима от температуры, глубинности, геотектонического положения метаморфических комплексов предложено не было. Отмечались лишь качественные особенности тех или иных фаций, обсуждалась связь с этими условиями процессов магнеобразования.

В докладе В. Файфа и Дж. Брауна развивались следующие представления. Магмы возникают за счет плавления пород сиала при погружении земной коры. Источником воды, понижающей температуру плавления, служат водосодержащие минералы осадочных пород. При прогрессивном метаморфизме вода освобождается из осадочных пород, и ее давление равно или даже превосходит литостатическое давление. При расплавлении пород магма поглощает воду, и давление понижается. При плавлении богатых водой мусковитых сланцев возникает богатая водой гранитная магма. Дальнейшее повышение температуры вызывает плавление роговообманковых пород, более бедных водой, что приводит к образованию гранодиоритовой магмы. Возникающая магма поглощает воду из вмещающих пород, осушая их и препятствуя тем самым дальнейшему выплавлению магмы. Гранулитовая и эклогитовая фации возникают за счет сильно «осушенных» метаморфических толщ на глубинах порядка 15 км, в условиях P_j (давление флюида) $\cong P_t$ (давление на расплав) $\cong P_t$ (общее давление) $\gg P_{H_2O}$ (давление воды).

Ж. Турэ рассмотрел условия образования гранулитовой фации метаморфизма. На основании петрологических, теоретических и экспериментальных данных устанавливается, что метаморфизм происходил при высокой температуре (700—800°С), общем давлении в несколько килобар, в присутствии «сухого» флюида с незначительным содержанием воды. Как показывает изучение газово-жидких включений в минералах, это объясняется высоким содержанием углекислоты и углеводородов (главным образом, CH_4) во флюиде. Автор считает, что флюиды имеют ювенильное происхождение и подъем их из мантии был связан с докембрийскими орогеническими процессами. Заметим также, что в другом докладе (Дж. Отто, J. Otto — ЮАР) было высказано странное предположение, что высокое содержание углекислоты во флюидах гранулитовой фации вызвано мощной ассимиляцией магмой карбонатных толщ.

В. Джолли объясняет особенности метаморфизма цеолитовой и пренит-пумпеллиновой фации тем, что они возникают в условиях, когда $P_j < P_t$, а равенство $P_j = P_t$ характеризует переход к более высоким ступеням регионального метаморфизма.

Ф. Орвиль указывает, что состав плагиоклаза в метаморфических парагенезисах может служить индикатором T , P и состава флюида: в системе $K_2O - Na_2O - CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O - CO_2$ ассоциация кальцит + мусковит + кварц + плагиоклаз + калиевый полевой шпат + цоизит (+ флюид) является дивариантной и зависит от T и P , а в трехвариантных ассоциациях (получаемые последовательным исключением фаз по одной из дивариантной ассоциации) состав плагиоклаза определяется соотношением H_2O и CO_2 во флюиде.

Рассмотрению окислительно-восстановительных условий метаморфизма были посвящены доклады Г. Эйгстера, США (H. Eugster) «Восстановление и окисление при метаморфизме» и Дж. Томпсона, США (J. V. Thompson) «Окислы и сульфиды при региональном метаморфизме пеллитовых сланцев». В докладах отмечается, что метаморфизм протекает в условиях, когда фугитивности кислорода (f_{O_2}) и серы (f_{S_2}) опре-

деляются буферными реакциями между твердыми фазами. Свободный кислород только в особых случаях (соприкосновение с атмосферой, захороненными осадками и водами) и локально может оказывать существенное влияние на минеральные равновесия. Обычно окислительно-восстановительные реакции сопровождаются диффузией таких газов, как H_2 , CO_2 , CH_4 . Метаморфические фации образуются в условиях, когда f_{O_2} заключена между буферными реакциями: а) кварц + фаялит \rightleftharpoons магнетит и б) магнетит \rightleftharpoons гематит — при низких и средних температурах и между а) графитовой поверхностью (реакция $C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$) и б) реакцией магнетит \rightleftharpoons гематит — при высоких температурах. Поскольку глубинный источник кислорода отсутствует, наблюдается общая тенденция уменьшения f_{O_2} и f_{S_2} по мере увеличения ступеней метаморфизма. Можно провести корреляцию распространения окислов и сульфидов (главным образом, железа) по фациям и зонам метаморфизма, которая, однако, может нарушаться локальными (литостратиграфическими) особенностями режима f_{O_2} и f_{S_2} . Анализ парагенезисов, по мнению Дж. Томпсона, показывает, что соотношения между сульфидами и окислами могут быть лучше поняты в зависимости от режима воды и уголекислоты, чем от fugitivностей кислорода и серы.

С обсуждением флюидного режима при метаморфизме тесно перекликались доклады, посвященные характеристике отдельных метаморфических фаций, их групп. Кроме уже упомянутых докладов Ж. Турэ, В. Джоли, здесь можно обратить внимание на обстоятельную характеристику пренит-пумпеллитовой фации, данную Е-ан-Зеном (E-an-Zen) на примере Северо-Западных Аппалачей. Им показано, что детальный анализ парагенезисов в метаморфизованных основных породах позволяет выделить строго определенные минеральные фации, характеризующиеся присутствием и парагенезисами пренита и пумпеллита. Главным отличием этих фаций является их различная «гумидность», т. е. различная активность воды. При этом был применен графический анализ мульти-системы с шестью невариантными точками.

С. Джуан (C. V. Juan) рассмотрел границы между эпигенезом и метаморфизмом. Он выделяет: эпигенез (до $T = 120^\circ C$), метаморфизм погружения (температурный диапазон $120-300^\circ C$), для которого характерна цеолитовая фация с субфациями (в порядке повышения температуры): а) анальцим-гейландитовой, б) томсонит-ломонтит-пренитовой и в) ломонтит-пренит-пумпеллитовой. При температурах выше $300^\circ C$ наступает региональный метаморфизм.

М. Хашимото, Япония (M. Hashimoto), доложил о метаморфических поясах Самбагава (Sambagawa) и Сангун (Sangun) в Японии, которые подверглись метаморфизму высокого давления. Здесь развиты следующие зоны (в порядке возрастающей степени метаморфизма): пумпеллитовая, пумпеллит-актинолитовая, эпидот-глаукофановая, роговообманковая и эпидот-амфиболитовая. Эти породы, в которых со средних зон встречаются глаукофан, лавсонит и жадеит, по мнению М. Хашимото, могут представлять метаморфические фации «промежуточной группы высоких давлений». Х. Миаширо, впервые выделивший такую группу, только определил ее как переходную от давлений кианит-силлиманитового типа к глаукофан-жадеитовым давлениям, но не привел примеров конкретных фаций.

Р. Далмейер, США (P. Dalmeyer), на диаграммах $K_2O/K_2O + MgO + FeO$ / FeO/MgO рассмотрел границы кордиеритовых, кордиерит-гранатовых и бескордиеритовых парагенезисов высокометаморфизованных докембрийских пород.

Серия докладов Г. Фостера, США (H. Foster), С. Ли, (S. Lee), А. Моттана, Италия (A. Mottana), Е. Текса, Дж. Энгеля и Д. Вогеля, Голландия, США (J. Engel, D. Vogel), Ж. Равье и М. Шенвои, Франция (J. Ravier, M. Shenevoy) и некоторых других была посвящена описанию

метаморфических пород отдельных регионов Аляски, Корейского п-ова, Зап. Альп, Испании, Франции и др. Все эти доклады были построены примерно в одном плане: изложение фактического материала (иногда очень детально обработанного, с применением самых разнообразных методов исследования), определение фациальной принадлежности пород и истолкование условий метаморфизма в свете имеющихся в литературе экспериментальных данных.

Как известно, в последние годы метод минеральных фаций метаморфизма подвергался критике и некоторые исследователи даже отвергли его (например, профессор Г. Винклер). В связи с этим, доклад Р. Ламберта, Канада (R. St. Lambert), был посвящен защите и уточнению метода. Отмечая недостатки распространенной концепции минеральных фаций в связи с неопределенностью границ для обычных пород региональный метаморфизма, Р. Ламберт предлагает разделить метаморфические фации по породам двух групп составов: фации пород базальтового состава и фации пелитовых пород. Общая схема, по мнению автора, должна быть построена таким образом, чтобы фации, выделенные для апобазальтовых составов, подразделялись внутри на основании устойчивости андалузита, кианита, силлиманита, хлоритоидов, ставролита и кордиерита.

В докладе приводилась уточненная классификация фаций, которая, впрочем, мало отличается от известных ранее.

В докладе В. де-Рувера, Голландия (W. P. de Roever) рассматривалось приложение принципа минеральных фаций к «полифациальным породам», т. е. к породам, претерпевшим несколько метаморфических процессов, с частичным сохранением реликтовых минералов, позволяющих восстановить историю метаморфизма. Общие соображения иллюстрируются примером Юго-Восточной Испании, где на более древний метаморфизм глаукофановой фации накладывается метаморфизм альбит-эпидот-амфиболитовой, а затем зеленосланцевой фации, т. е. на метаморфизм высокого давления накладывается метаморфизм низкого давления.

А. Монтанна, Италия (A. Montanna), сообщил, что эклогиты, встречающиеся среди гнейсовых массивов Западных Альп, возникли в условиях каледонского метаморфизма (и частично изменены на ретроградной стадии этого метаморфизма), а затем преобразованы и перемещены при «сложении герцинского и альпийского метаморфизма. Эклогиты, следовательно, не связаны генетически с мезозойскими офиолитами.

Весьма необычный тип метаморфизма рассматривался в докладе И. Бентора, И. Колодни и С. Гросса, Израиль (Y. Bentor, I. Kolodny, S. Gross). Породы «пятнистой зоны» (mottled zone, Israil) представляют осадки сенон-эоценового возраста, но они содержат большое количество таких высокотемпературных силикатов, как псевдоволластонит, анортит, гроссуляр, ранкинит, монтичеллит, спуррит, ларнит, мелилит. В то же время изверженные породы в районе отсутствуют и вмещающие породы не обнаруживают следов метаморфизма. Мощность «пятнистой зоны» достигает местами 250 м, площадное распространение около 50 км². Авторы объясняют появление этих минералов с «внезапным и бурным окислением» битуминозных веществ, которыми богаты эти осадки. Этот процесс связан с образованием соседней рифтовой долины, когда возникшая трещиноватость открыла доступ кислороду в битуминозные породы «пятнистой зоны».

Проблемы геологии древних (докембрийских) метаморфических пород широко обсуждались на секциях Конгресса. Среди петрологических вопросов акцент пришелся на попытки реконструкции палеотермического и палеобарического режима и других условий метаморфизма разных эпох докембрия на основе изучения метаморфических фаций. Эти вопросы составляли, пожалуй, главное содержание докладов: К. Кратца и

В: Глебовицкого «Метаморфические пояса СССР»; М. Катца, Австралия (M. Katz) «Фациальные серии высокометаморфизованных пород докембрия Цейлона»; Т. Клиффорда, ЮАР (T. Clifford) «Гранулиты Африки»; Е. Саджерсона и Л. Тернера, ЮАР (E. Saggerson, L. Turner) «Некоторые данные об эволюции регионального метаморфизма в Африке». Затрагивались эти вопросы в других докладах — Дж. Хэпуорта, Англия (J. Hapworth.) Д. Фильда, Англия (D. Field) и некоторых других, посвященных описанию докембрийских толщ разных районов мира. Общий вывод, который можно сделать из докладов, состоит в том, что палеотемпературный и палеобарический режим в докембрии существенно отличался от условий метаморфизма в палеозое и мезозое, и, в свою очередь, изменялся в течение докембрия. Архейские метаморфические породы образованы при умеренных давлениях (до 6—8 кбар) и при значительном температурном градиенте, обусловившем возникновение фаций от зеленосланцевой до гранулитовой. Наиболее древние породы, возрастом более 2800 млн. лет, представлены гранулитовой фацией. Для соответствующих образований Африканского щита Т. Клиффорд, на основании Mg: Fe отношений в кордиеритовых ассоциациях, указывает на условия образования при температурах более 700°С и давлении до 6—8 кбар. При этом Т. Клиффорд особо отмечает, что большинство пород гранулитовых толщ имеют средний и кислый состав, в них присутствуют «такие кислые породы, как лептиты, кварциты и карбонатные породы». Это показывает, что 2500—3000 млн. лет назад земная кора была существенно более «кислой», чем в настоящее время, и что происходило возрастание основности коры в течение геологического времени. Этот необычный вывод, будучи основанным на большем материале, несомненно интересен.

Начиная с позднего архея и в течение протерозоя происходит усиливающаяся с течением времени дифференциация регионов с образованием узких метаморфических поясов, контрастно отличающихся T — P условиями метаморфизма, вплоть до возникновения локальных зон высокого давления. Некоторые исследователи — М. Катц, Е. Саджерстон, Л. Тернер — уже для протерозоя отмечают существование «парных» метаморфических поясов (соответственно сложенных фациями низких и высоких давлений), являющихся в свете «новой глобальной тектоники» следствием (и признаком) движения плит литосферы.

Следует отметить, что веяния новой глобальной тектоники явно ощущались в ряде докладов по региональному метаморфизму. Р. Кольман, США (R. Coleman) в докладе «Метаморфизм фации голубых сланцев и тектоника плит» рассмотрел условия глаукофановой фации. Согласно экспериментальным и другим данным, глаукофановые («голубые») сланцы формируются при умеренных (150—300°С) температурах, но при высоком давлении — 5—7 кбар, и это соотношение нелегко объяснить. Несомненно приуроченность глаукофанового метаморфизма к границам подвижных плит и связь его с зонами погружения — поддвига (subduction) — океанической коры под материковые глыбы. Однако и при такой интерпретации возникает ряд трудностей в связи с наблюдаемым чередованием зон метаморфизма с разным давлением. Р. Кольман предполагает, что наряду с погружением имеет значение также «тектоническое сверхдавление», вызванное боковым сжатием пород.

К сожалению, успехи советских геологов в изучении метаморфизма не были достаточно продемонстрированы на Конгрессе, если не считать издания на русском языке «Докладов советских геологов XXIV сессии МГК, Проблема 2, Петрология», в котором опубликован ряд весьма содержательных докладов как по магматизму, так и по метаморфизму. Сравнивая успехи советской петрологии с тем международным уровнем, который был представлен докладами на данной сессии МГК, можно сказать, что по ряду ведущих проблем метаморфизма таких, например, как анализ минеральных фаций, геотермометрия и геобарометрия, состав и

режим флюидов и других, советская петрология несомненно занимает передовые позиции, и былое отставание в этой области полностью изжито.

Экспериментальная петрология

Результаты экспериментальных исследований, изложению или обсуждению которых на Конгрессе было посвящено 39 докладов (включая симпозиум «Экспериментальная петрология и глобальная тектоника»), привлекли пристальное внимание участников Конгресса. Хотя общее число докладов пока невелико, явно не отвечая тому широкому интересу и резонансу, который имеют экспериментальные работы, несомненно быстрый рост исследований в этом направлении. Показательна «география» экспериментальных исследований: США, Канада, СССР, ФРГ, Япония, Великобритания, Австралия и Франция.

Тематика эксперимента:

1. Проблемы мантии, глобальной петрологии и тектоники (6 докладов на секциях и 7 докладов на симпозиуме);
2. Проблемы магмы (9 докладов);
3. Рудные проблемы (7 докладов);
4. Минеральные равновесия и распределение компонентов (6 докладов);
5. Новые методические достижения (4 доклада).

Показательно, что и в докладах по проблемам мантии и глобальной петрологии режим воды и летучих занимал главенствующее место. В докладе Дж. Оллена, П. Модрески, С. Хейгуда и А. Бетчера, США (J. Allen, P. Modreski, C. Haygood, A. Boetcher) «Роль воды в мантии: стабильность амфибола и слюд» изложены результаты экспериментального изучения стабильности флогопита и амфибола при давлениях, отвечающих условиям мантии. Установлено, что флогопит, в присутствии «модельной» мантийной ассоциации, состоящей из алюминийсодержащего энстатита и форстерита, устойчив до $T = 1325^\circ\text{C}$ и при давлениях свыше 35 кбар. Стабильность амфиболов определялась вплоть до температур ливидуса в андезитах, в толеитовых и щелочных базальтах, с водой и без нее в присутствии окислительных буферов: $\text{Ni} - \text{NiO}$, $\text{FeO} - \text{Fe}_3\text{O}_4$ и $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{Fe}_2\text{O}_3$. Установлены: максимум температуры — 1090°C и максимум давления — 25 кбар при фугитивности кислорода, отвечающего буферу $\text{Ni} - \text{NiO}$. Из экспериментов вытекает, что флогопит может быть устойчив до глубин 175 км, тогда как амфибол до 75 км. Высказывается предположение, что это соотношение «частично может быть ответственно за возрастание в сторону континента содержания K_2O в формациях магматических пород, возникающих за счет поддвигаемых (погружающихся) океанических плит».

Т. Эрнст, ФРГ (T. Ernst), и Р. Шваб, ФРГ (R. Schwab) в докладе «Новая теория образования и подъема основных магм» высказали следующую гипотезу. В мантии содержатся значительные количества воды и углекислоты, поскольку в условиях высоких давлений осуществляется (что показано экспериментально С. Скларом) замещение $[\text{SiO}_4]^{-4}$ на $[\text{H}_2\text{O}_4]^{-4}$ и, возможно, $[\text{SiO}_4]^{-4}$ на $[\text{CO}_4]^{-4}$, сопровождаемое изменением координационных положений кремния и алюминия. Уменьшение давления вызывает разложение гидроксил- и карбонат-силикатов гранатовых перидотитов, изменение координации Al и Si приводит к возникновению магм недосыщенных и крайне недосыщенных серий (в зависимости от количества H_2O и CO_2 , содержащихся в мантийном материале). В этой связи рассматривается сильная дегазация ультраосновных магм, кимберлитовая проблема, связь с карбонатами и мелилитами. Образование толеитовых и щелочных базальтов связывается с различиями в составе мантийного материала.

Проблема летучих в мантии широко обсуждалась и на симпозиуме «Экспериментальная петрология и глобальная тектоника». Этот симпозиум, возникший непосредственно при подготовке Конгресса, как бы выразил интерес и вклад петрологов-экспериментаторов в разработку новых проблем глобальной тектоники. На симпозиуме был заслушан вступительный обзор П. Уайли, США (P. Wylie), сообщения И. Куширо, Япония (I. Kushiro) «Возникновение магмы в океанических хребтах и островных дугах», А. Бетчера, США (A. Beotcher) «Андезитовой вулканизм в орогенических поясах», А. Миаширо, Япония (A. Miyashiro) «Парные метаморфические пояса», В. Эрнеста, США (W. Ernest) «Глаукофановый метаморфизм», В. Файфа, Англия (W. Fyfe), «Возникновение батолитов» и заключительный обзор Д. Грина, Австралия (D. Green). Все доклады носили обзорный характер и базировались на известных геологических соотношениях (различные петрохимические группы базальтов, парные метаморфические пояса и их геотектоническое положение, «андезитовая проблема» и т. д.) и в основном на уже опубликованных экспериментальных данных. Пожалуй, только в докладах И. Куширо и А. Бетчера были приведены новые результаты по плавлению изверженных пород при высоких давлениях в присутствии разных количеств воды (материалы эти уже появились в печати).

Субсолидусные соотношения при мантийных давлениях были освещены в докладах С. Акимото (S. Akimoto) «Фазовые переходы минералов в верхней мантии» и М. Шимады, М. Коизуми и С. Куме, Япония (M. Shimada, M. Koizumi, S. Kume) «Фазы высокого давления граната». В последнем докладе сообщалось о переходе редкоземельного железистого граната при $T \approx 1000^\circ \text{C}$ и $P = 65 \text{ кбар}$ в более плотную модификацию со структурой перовскитового типа. Авторы полагают, что такой же переход может быть у гранатов андрадитового и альмандинового состава.

Серия докладов, рассредоточенных по ряду секций, была посвящена экспериментальному изучению минеральных равновесий. Б. Хенсен, США (B. Hensen) в докладе «Дивариантные реакции с гранатом и кордиеритом как T — P индикаторы» сообщил о результатах изучения зависимости составов сосуществующих граната и кордиерита от температуры и давления. Эти данные показывают, что природные кордиерит-гранатсодержащие породы образуются в интервале $T = 700$ — 850°C (редко до 950°C) и $P = 5$ — 9 кбар .

Т. Хинриксен и К. Шейерман, ФРГ (T. Hinrichsen, K. Schuermann) в докладе «Минеральные реакции в метаморфических породах низких ступеней» привели некоторые результаты экспериментальных исследований в системе CaO — MgO — FeO — Al_2O_3 — SiO_2 — H_2O при $T = 200$ — 450°C и $P_{\text{H}_2\text{O}} = 2$ — 8 кбар . Они считают, что пумпеллит характерен для метаморфизма погружения и при повышении температуры преобразуется в зеленосланцевые ассоциации. Нижняя температурная граница зеленосланцевой фации где-то между 300 — и 340°C .

В докладе «Распределение элементов в сосуществующих полевых шпатах по данным экспериментальных исследований и изучения трахитовых пород», представленном К. Ясмундом и Г. Секом, ФРГ (K. Jasmund, H. Seck) приведены результаты экспериментального изучения составов сосуществующих санидина и плагиоклаза при $T = 650^\circ, 750^\circ, 825^\circ, 900^\circ \text{C}$ и $P = 0,5, 1$ и 2 кбар . Показано, что возрастание давления на 1 кбар оказывает на сосуществующие составы такое же влияние, как и понижение температуры на 15°C . Геотермометр Барта может поэтому применяться только при независимом определении давления. Неоправданно высокие температуры, полученные по вкрапленникам полевых шпатов в трахитах из Лаахер Си (Эйфель, ФРГ), объясняются негомогенностью фаз, что подтверждено исследованиями на микроанализаторе.

И. Иияма, Франция (I. Iiyama) сообщил об экспериментальном изучении вхождения бария, стронция и кальция в полевые шпаты при $T=600^{\circ}\text{C}$, $P=1000\text{ бар}$, в присутствии растворов хлоридов.

Два доклада: Р. Некрасовой и И. Некрасова, СССР «Фазовые равновесия и кинетика реакций в системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{—SiO}_2\text{—B}_2\text{O}_3\text{—H}_2\text{O}$ » и Г. Скинера, США (H. Skinner) «Фазовые исследования системы $\text{CaO—P}_2\text{O}_5\text{—H}_2\text{O}$ при $T=300\text{—}600^{\circ}\text{C}$ и $P_{\text{H}_2\text{O}}=2\text{ кбар}$ » привлекли внимание расширенным экспериментальных исследований на новые объекты.

Экспериментальное освещение проблем магматизма. Серия докладов: Д. Бейли и И. Найта, Англия (D. Bailey, I. Knight) «Плавление и кристаллизация щелочных трахитов и обсидианов», Р. Томпсона, США (R. Thompson), «Исследование плавления базальтов и лав среднего состава», А. Гапта, Канада (A. Gupta), Е. Лайдина, США (E. Lidiak) «Фазовые соотношения в системе: диопсид — нефелин — лейцит», Л. Берона, Австралия (L. Barron), «Пути охлаждения, вычисленные для некоторых тройных систем», — посвящена экспериментальному изучению и истолкованию диаграмм плавления силикатных пород различного состава при атмосферном давлении применительно к объяснению условий образования изверженных пород.

В докладе Л. Киллинга, США (L. Killing) «Экспериментальное изучение частичного плавления пород коры и образование мигматитов» показана зависимость состава выплавляющихся расплавов от состава исходных пород. Из сланцев получались К-расплавы составов от гранита до кварцевого монцонита или гранодиорита, находившиеся в равновесии с биотитом, кордиеритом и силикатами алюминия. Выплавки из граувакк были обогащены натрием (имели состав трондьемита) и находились в равновесии с биотитом и роговой обманкой. Опыты проводились в присутствии $\text{CaCl}_2\text{—NaCl}$ и KCl—NaCl растворов при $T=700^{\circ}$ и 750°C в диапазоне давлений от 2 до 8 кбар.

Актуальные вопросы обсуждалась в сообщении Р. Форнера, США (R. Fournier) «Влияние глубины кристаллизации на характер магматических флюидов» и в напечатанном докладе А. Кадика «Физико-химические условия отделения воды от магмы при движении к земной поверхности». Р. Форнер рисует следующую картину. Недосыщенные водой магмы (с содержанием менее 3 вес. %) поднимаются на глубины 2—3 км. В этих условиях, где литостатическое давление сменяется гидростатическим, произойдет быстрое отделение воды от магмы, давая начало двум различным по составу и свойствам флюидам. Один представляет водно-солевой раствор или точнее рассол (содержание солей более 50 вес. %) богаты NaCl и KCl. Другой флюид, существенно водный, с заметными содержаниями HCl и других летучих отделяется как газ (плотность 0,1—0,5). Этот газ, проникая через систему тонких пор и трещин, быстро конденсируется, образуя агрессивный флюид, воздействующий на вмещающие породы. Водно-солевые рассолы, отделяясь от магмы и взаимодействуя с водозными водами, дают начало длительно циркулирующим гидротермальным системам, проявляющимся на поверхности в виде горячих источников. Оба флюида могут приводить к рудоотложению.

Доклад А. Кадика опубликован в сборнике «Геохимия», доклады к XXIV сессии МГК, и мы на нем не останавливаемся.

Общий интерес имел доклад Д. Хогтона и Б. Скинера, США (D. Houghton, B. Skinner) «Химия серы в расплавах». Экспериментальное изучение растворимости серы в основных расплавах показало, что она зависит от температуры (увеличение T базальтового расплава от 1100 до 1200°C увеличивает растворимость серы в пять раз), от фугитивности серы (возрастает с увеличением ее), от фугитивности кислорода (уменьшается с возрастанием ее) и от состава расплава — положительная корреляция с FeO и TiO_2 особенно, а также с CaO, MgO и отрицательная —

с SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O . Любой из перечисленных факторов может привести к насыщению силикатного расплава серой и осаждению сульфидов или отделению несмешивающейся Fe—O—S жидкости. Содержание Ni , Co , Pt в этой жидкости зависит от T , f_{O_2} , f_{S_2} и стадии фракционирования.

Несколько докладов затрагивало методические вопросы экспериментальных исследований. Они несомненно найдут отклик, но в ограниченной аудитории (у экспериментаторов).

Оценивая в целом экспериментальные исследования, мы уже отмечали существенный рост и широкий отклик, который они получают. Несомненно, что усилия в этом направлении будут множиться, опять же вследствие тех больших запросов, которые уже предъявляются и еще больше будут предъявляться геологией к точным физико-химическим исследованиям. Медленно, но происходит расширение «географии эксперимента» — здесь важно отметить только один прорыв — существенный рост экспериментальных работ в ФРГ. Теперь основная масса экспериментальных данных идет из США, Японии, СССР и ФРГ. Советские работы были недостаточно представлены на Конгрессе, явно не отвечая тому месту, которое они постепенно завоевывают в мировой «продукции». Это, конечно, главным образом связано с тем, что эксперимент не был объявлен в тематике Конгресса, а к вольному толкованию программы мы как-то еще не привыкли.

Распределение компонентов между сосуществующими фазами

Кроме отмеченных в предыдущем разделе трех экспериментальных работ, этому актуальному и активно разрабатываемому направлению было посвящено еще пять докладов, прочитанных на разных секциях.

Р. Кретц, Канада (R. Kretz) в докладе «Теория обменных реакций в кристаллических породах» отметил, что большое количество информации, появляющейся по распределению компонентов, указывает на осуществление в природных условиях разнообразных обменных реакций. Главные типы их могут быть проиллюстрированы распределениями: а) Mg и Fe по суперпозициям в ортопироксенах, б) Mg и Fe между ортопироксенами и кальциевыми пироксенами, в) альбитового минала между плагиоклазом и калиевым полевым шпатом, г) магнезиального минала между кальцитом и доломитом, д) альбитового и анортитового минала между плагиоклазом и расплавом.

В докладе И. Рябчикова, опубликованном в сборнике «Геохимия», доклады советских геологов к XXIV сессии МГК, освещены термодинамические закономерности распределения микрокомпонентов между фазами. Интересные данные по разделению K , Rb , Sr , Ba и редких элементов между минералами и силикатными расплавами были приведены в докладе Дж. Фильпотса и С. Шнетцера, США (J. Philpotts, C. Schnitzer). Они основаны на изучении порфиритовых лав, дифференцированных комплексов и экспериментальных систем. Авторы используют их для построения моделей процессов дифференциации и обсуждения некоторых специфических петрологических проблем.

Распределение Fe и Mg между сосуществующими биотитами и кальциевыми амфиболами на основе новых данных рассмотрено Р. Горбачевым, Швеция (R. Gorbatshev). Если распределение между минералами выступает как показатель равновесия и $T—P$ условий минералообразования, то внутриминеральное распределение коррелируется с другими параметрами, особенно с распределением ионов, находящихся в четверной координации.

Результаты исследований с применением современной аналитической техники (нейтронная активация, рентгеновский микроанализатор и др.) изложены в докладе Дж. Римзейта, Канада (J. Rimsaite).

Распределение главных и второстепенных компонентов между слюдами и вмещающей ультраосновной породой, а также между слюдой и зональной шпинелью освещены в докладе И. Дейла, П. Хендерсона, Англия (I. Dale, P. Henderson) «Разделение переходных элементов в базальтах и его приложение к структуре расплавов». Распределение элементов между оливином, пироксеном и расплавом авторы последнего доклада рассматривают в свете влияния структуры кристаллического поля, что приносит определенную информацию о структурном положении переходных элементов в расплаве.

Проблемы магматизма

Значительное число докладов было посвящено петрологии магматических пород.

В докладе Г. Афанасьева, Б. Беликова, А. Борсука, В. Гоньшаковой, А. Симона, опубликованном в сборнике докладов советских геологов «Петрология», показывается значение формационного петрологического анализа.

Несколько докладов было посвящено гранитоидам. В докладе Г. Марски, США (G. Mursky) «Модель происхождения зональных гранитных интрузивов» обсуждаются различные возможности их образования. Автор детально изучил гранитный батолит Уайт-Крик, Британская Колумбия, Канада (минералогия химизм, геотермометрия, изотопный анализ) и пришел к заключению, что гранодиориты краевых частей батолита имеют мантийное происхождение, а центральное, гранитное, ядро является более молодым, причем граниты возникли за счет переплавления земной коры.

Для зональности гранитоидных интрузий в штате Нью-Хемпшайр (США) в докладе Ф. Карнер и Р. Бертрам, США (F. Karner, R. Bertram) дается другое толкование. Образование более меланократовых краевых фаций объясняется нисходящими конвективными токами в краевой части магматических тел с осаждением здесь первых выделений (гиперсольвус).

А. Холл, Англия (A. Hall) демонстрировал карты с трендами содержания кварца, калиевого полевого шпата и плагиоклаза в каледонских гранитах Англии и герцинских Западной Европы. Изолинии составов проводят преимущественно параллельно простирацию орогенических зон, причем наибольшие содержания кварца обнаруживаются в центральных частях. Основываясь на экспериментальных работах Н. Боуэна и О. Татла, автор делает вывод об образовании герцинских гранитов Западной Европы на меньшей глубине, при меньшем давлении паров воды и большей величине геотермического градиента по сравнению с каледонскими гранитами Англии.

Интересные сведения о «Береговом» батолите Перу сообщил В. Питчер, Англия (W. Pitcher). Этот батолит дает много отдельных массивов, возраст которых, по радиометрическим измерениям, от 120 до 26 млн. лет, с габбро и диоритами в краевых частях и адамелитовым составом в центральных частях. Батолит, выходы которого простираются на 1500 км, явно приурочен к глубинному разлому, параллельному берегу океана, и хотя он на большем протяжении залегает среди мезозойских пород, на севере и юге он переходит в более древние породы, теряя связь с мезозойскими геосинклинальными структурами.

Рассмотрению различных проблем гранитоидного магматизма были посвящены доклады Г. Заридзе «Геолого-структурные типы гранитоидов» (опубликован в сборнике советских докладов «Петрология»), А. Саха, Индия (A. Saha) «Петрогенетическая и структурная эволюция гранитно-го комплекса Сингхбум, восточная Индия», М. Оявоя и А. Маканюола,

Нигерия (М. Оуауоуе, А. Маканжуола), «Бохит (Bauchite) — фаялитсодержащий кварцевый монцонит».

Проблеме гранитных мигматитов, ее петрологическим и структурным аспектам также было посвящено пять докладов, из которых наибольший интерес, пожалуй, представляло сообщение К. Говарда, США (К. Howard), «Реликты стратиграфии и структуры в мигматитах района «Ruby Mountains, Невада». В докладе приведены убедительные примеры замещения вмещающих кварцитов и карбонатных пород гранитоидами, образующими согласные и несогласные тела размерами от миллиметров до сотен метров, с сохранением стратиграфического и структурного положения вмещающих пород даже в тех участках, где гранитоиды заметно преобладают. Анатексис, по мнению Говарда, исключается некомплетарностью составов. Напротив, в других докладах — М. Сук, СССР (М. Suk), Л. Павелеску и М. Павелеску, СРР (L. Pavelesku, M. Pavelesku), Р. Уорл, США (R. Worl) — мигматиты рассматриваются с позиций анатексиса, хотя наряду с подчеркиванием зависимости состава мигматитов от состава вмещающих пород отмечается привнос и вынос тех или иных компонентов. В упоминавшемся докладе В. Файфа и Дж. Брауна подчеркивалось, что состав и количество анатексированного материала зависит от состава вмещающих пород и количества воды во флюидной фазе.

Большое внимание было уделено анортозитам (7 докладов).

В докладе Б. Картера и Л. Сильвера, США (B. Carter, L. Silver) описывается большой анортозитовый массив в горах Сан-Габриель (Калифорния, США). Мощность этого расслоенного массива первоначально превышала 10 км, а площадь выходов свыше 250 км². Образование анортозитов авторы, как обычно, связывают с гравитационной кристаллизационной дифференциацией, которая привела к следующей последовательности пород (снизу вверх): анортозит — лейконорит — норит — йотунит — мангерит — сиенит — кварцевый сиенит. Все эти породы сравнительно обогащены железом. Нахождение в верхах интрузии пижонита, согласно авторам, указывает на небольшую глубину кристаллизации. Массив подвергся сильным последующим воздействиям тектонических движений и гранитоидных интрузий.

В докладе Ж. Дюшзен, Бельгия (J. Duchesne) сообщаются результаты детальных исследований эволюции составов пироксенов и оливинов в анортозитовом массиве Бьеркрен — Согндаль (Норвегия).

П. Мишо, Бельгия (P. Michot), обрисовал весьма сложную историю формирования анортозитовых массивов Рогланда (Норвегия). Эти массивы возникли одновременно со складчатостью в основании толщи метаморфизованных осадочных пород, при участии анатексиса, но при ведущем значении гравитационной кристаллизационной дифференциации.

В докладе В. Мошкина и Н. Дагелайской (опубликован в сборнике советских докладов «Петрология») приведена подробная классификация докембрийских анортозитов СССР.

Чи Ми Зон (Chi Moo Son) в докладе «Происхождение анортозитовых масс на Корее» приходит к заключению, что анортозиты возникли за счет замещения гнейсов анортозитовой магмой.

К. Зейферт, США (K. Seifert), сообщил об экспериментальном изучении катакластической и пластической деформации образцов Адирондакских анортозитов.

П. Кросби, США (Crosby P.) в докладе «Петрогенезис и значение лейконоритовых включений в Адирондакских анортозитах» подробно характеризует эти включения, образованные на ранней стадии кристаллизации как ортокумуляты, возможно, в кровле магматической камеры. Противоречие между оценкой давлений по диаграммам плавкости (15 кбар) и по геологической обстановке (2—4 кбар) автор решает в пользу последней, полагая, что анортозиты образуются в узком темпера-

турном интервале от 935° С (при $P=2$ кбар) до 840° С (при $P=4$ кбар) в условиях водоненасыщенной окружающей среды.

Среди докладов, посвященных основным и ультраосновным породам (пять докладов, не считая ряда докладов по рудоносным комплексам), отметим сообщение Е. Джексона и Т. Тейера, США (E. Jackson, T. Thayer), содержащее общую характеристику габбро-перидотитовых комплексов с выделением трех групп: стратиформенные, концентрические и альпийские.

В докладе Р. Ламарча, Канада (R. Lamarche) «Роль несмесимости жидкостей в дифференциации офиолитовых комплексов» на основании систематического исследования офиолитовых комплексов в Аппалачах высказывается мнение, что они образовались за счет больших подводных потоков магм на эвгеосинклинальное океаническое дно, при этом большое значение имела ликвационная дифференциация. В состав офиолитовых комплексов входят гипербазиты (дуниты, перидотиты, пироксениты), габброиды, отчасти диориты, сиениты и т. д., а также спиллитовые вулканиты. Ликвационная магматическая дифференциация протекала под сводом застывших основных вулканитов. Автор считает возможным распространить свои выводы и на офиолитовые комплексы других стран.

П. Рагланд, П. Фуллагар, США (P. Ragland, P. Fullagare), П. Виганд, А. Брунфельд, Норвегия (P. Wiegand, A. Brunfelt) провели детальное геохимическое исследование более 100 мезозойских долеритовых даек Северо-Восточной Америки. На этом основании они выделили «примитивные» оливковые толеиты, отличные от «континентальных» кварцевых толеитов тем, что они не подвергались контаминации или дифференциации после своего выделения из верхней мантии.

Представленный доклад Н. Соболева (опубликован в сборнике «Петрология») посвящен глубинным ксенолитам в кимберлитах.

В докладе Д. Вернера и Х. Тейлера, США (Wenner D., Taylor H.) излагались результаты детальных изотопных исследований серпентинитов из эвгеосинклинальных формаций Северной Америки и Карибского моря. Изучение отношений N/D и O^{18}/O^{16} в серпентинитах, а также фракционирования O^{18}/O^{16} между сосуществующими серпентином и магнетитом показало, что образование лизардита — хризотила следует связывать с воздействием нагретых метеорных вод при $T=85-115^\circ\text{C}$, тогда как антигорит образовывался при более высоких температурах ($220-460^\circ\text{C}$) и давлениях под действием глубинных (метаморфизованных?) вод. Близкоповерхностное выветривание может приводить к возникновению только некоторых «девейлитовых» серпентинов.

Среди работ по региональной петрографии интересен в отношении вулканизма доклад М. Вергара, Чили (M. Vergar). В центральной чилийской части Анд мезозойско-третичный эвгеосинклинальный вулканизм представлен высокоглиноземистыми андезитами и риолитами при отсутствии основных типов. За время с юры до верхнего мела средняя ось вулканической активности перемещалась от океанического побережья в глубь континента. Нижнемеловой вулканизм привел к отложению более 10 000 м пирокластиков и лавовых потоков, содержащих только 10% морских и континентальных осадков. В верхнем мелу и в нижнетретичное время отложилось более 8000 м пирокластиков андезитов и риолитов с небольшим количеством осадков субаэрального типа. На этом вулканизм закончился. Автор истолковывает особенности вулканизма с позиций тектоники плит.

На других докладах, имеющих в основном региональное значение, останавливаться не будем, ограничившись их перечислением: Р. Баратов «Специфические петрологические особенности Гиссаро-Алая и Памира», М. Ламберт, Канада (M. Lambert) «Эволюция комплекса Кальдеры Беннет, Юго-Восточный Юкон», И. Усенко, Л. Бернадская, И. Лишак,

В. Орса, И. Лицаков, И. Заровский, Н. Щербак и И. Щербаков «Особенности докембрийского магматизма Украинского щита», Г. Форстер, К. Фесefeld, М. Курстен, ФРГ (H. Forster, K. Fesefeld, M. Kursten) «Магматизм и орогенез центральной вулканической зоны Ирана», К. Шваб, ФРГ (K. Schwab) «Кайнозойский вулканизм Аргентинской Пуны (Кордильеры) и его отношение к тектонике». Доклады советских геологов опубликованы в наших сборниках к Конгрессу.

Общее впечатление от докладов такое, что в области теоретической и физико-химической петрологии магматических пород за последние годы не произошло заметных сдвигов. Вместе с тем следует отметить, что все большее значение приобретают углубленные минерально-геохимические исследования магматических образований с массовыми и разнообразными анализами минералов и пород, с использованием новейших физических и аналитических методов: рентгеновское микрозондирование, количественный спектральный анализ, нейтронная активация, масс-спектрометрия и т. д. Необходимо более широкое распространение этих методов и в нашей стране.

В. И. Герасимовский

ЩЕЛОЧНЫЕ ПОРОДЫ КАНАДЫ

Щелочные нефелинсодержащие породы на территории Канады развиты широко. Наиболее детально изучены нефелиновые сиениты Южного Онтарио, особенно района, известного под названием Халибертон — Банкрофт. В этом районе на месторождении Блю-Маунтин с 1933 г. ведется добыча нефелиновых сиенитов как сырья для стекольной и керамической промышленности.

Заслуживают большого внимания также щелочные массивы района Монтереджиэн, расположенные севернее г. Монреаль (провинция Квебек). Впервые они детально охарактеризованы в статьях, опубликованных в журнале «The Canadian Mineralogist», 1970, v. 10, № 3. С одним из массивов связаны карбонатитовые пирохлоровые руды (месторождение Ока).

На XXIV сессии Международного геологического конгресса на заседаниях секции «Минералогия» один день был посвящен рассмотрению вопросов минералогии и петрологии щелочных изверженных пород. От Советского Союза в программу заседаний секций по этим вопросам были включены четыре доклада:

1. Условия формирования щелочных пород (на материалах СССР). О. Воробьева, Р. Яшина, Е. Свешникова, В. Кононова, Е. Андреева.

2. Щелочные породы рифтовых зон Восточной Африки (геохимия и генезис). В. Герасимовский, А. Поляков.

3. Щелочно-ультраосновные породы (альнеиты, кимберлиты и карбонатиты) Северо-Востока Сибирской платформы. К. Никишов, В. Ковальский, В. Маршинцев.

4. Минералогия щелочных массива. Е. Семенов, Е. Еськова, А. Ефимов, Ю. Капустин, А. Хомяков.

До начала и после Конгресса проводились длительные экскурсии для осмотра докембрийских комплексов щелочных пород и карбонатитов Южного Онтарио, расположенных в Гренвильской провинции Канадского щита, а во время Конгресса — однодневные экскурсии для посещения отдельных щелочных массивов района Монтереджиэн.

Во время экскурсий основное внимание уделялось осмотру в Южном Онтарио комплексов щелочных пород — карбонатитов района оз. Ниписсинг и щелочных пород на площади Халибертон-Банкрофт. Один день был выделен для посещения района р. Кипава (Квебек), в котором имеются выхода пегматоидных участков щелочных пород с большим числом редких минералов, содержащих цирконий и редкоземельные элементы.

Руководил экскурсией доктор Дж. Гиттинс (отдел геологии, университета Торонто), его помощником был Т. Ламберс (отделение рудников и северных проблем провинции Онтарио).

Комплекс щелочных пород — карбонатитов в районе оз. Ниписсинг осматривать во время экскурсии было сложно, поскольку площади их выходов на дневную поверхность очень малы. В этом районе установ-

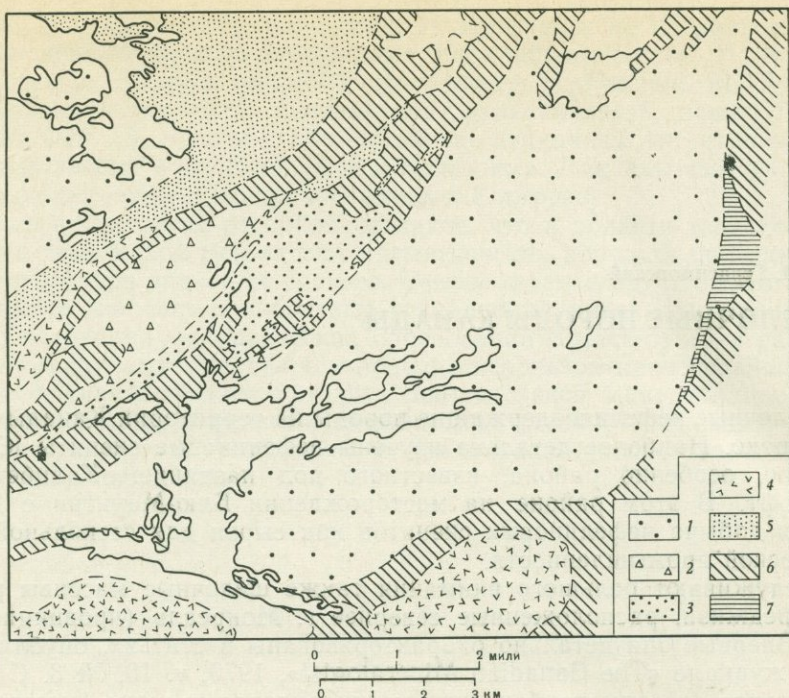


Рис. 54. Геологическая карта района массива Блю-Маунтин, Онтарио (по Gittins, Lumbers, 1972)

1 — граниты; 2 — сенииты; 3 — нефелиновый сениит; 4 — габбро; 5 — мрамор; 6 — метаморфизованные осадки; 7 — метаморфизованные вулканогенные породы

лены нефелиновые сенииты, нефелин-сениитовые гнейсы, ийолиты, щелочные сенииты, щелочные пироксениты, карбонатиты, фениты и другие породы (Lumbers, 1971).

Карбонатиты в данном районе встречаются в форме даек, жил и линзообразных выделений. По составу они кальцитовые, доломитовые, реже — анкеритовые и содержат варьирующие количества эгирина, натрового амфибола, магнетита, апатита, флогопита, биотита, флюорита, пирита и нередко — пирохлора. Некоторые карбонатиты (о-ва Манитоу, оз. Ниписсинг) разведывались на пирохлор (Gittins, Lumbers, 1972).

Фенитизация рассматривается как метасоматический процесс, связанный с внедрением пород карбонатитового комплекса. Она развивается по гнейсам и монцонитовым породам. Наиболее интенсивно фенитизированные породы имеют облик среднезернистых до грубозернистых, по составу они аналогичны сенииту, сложены эгирином и пертитовым щелочным полевым шпатом. В некоторых разновидностях присутствует измененный нефелин. Возраст (K—Ar) пород комплексов щелочные породы — карбонатиты по биотиту 560—570 млн. лет (Gittins, Lumbers, 1972).

Щелочные породы известны и севернее оз. Ниписсинг, но они пока еще не изучены.

Нефелинсодержащие породы района Халибертон-Банкрофт известны в литературе давно, и они обычно фигурируют при обсуждении общих вопросов генезиса фельдшпатоидных пород. Щелочные породы данного района в виде узкой полосы шириною до 1,9 км вытягиваются на протяжении около 128 км. Возраст этих пород (по циркону) около 1160 млн лет (Hewitt, 1960).

В этом районе наибольший интерес представляет массив Блю-Маунтин. Нефелиновые сенииты данного массива (Gittins, Lumbers, 1972) занимают площадь длиною около 4 км и шириною 2 км. Кроме

того, в юго-западном направлении от него наблюдаются выходы того же сиенита в виде полосы, длина которой 6,4 км при ширине до 0,4 км (рис. 54). Вмещающие породы — гранит, мрамор и различные метаосадочные породы. Нефелиновые сиениты регионально метаморфизованы и местами интродуцированы розовым сиенитом и сиенитовыми пегматитами. Нефелиновый сиенит здесь гнейсовидного облика. Его состав: нефелин, микроклин, альбит, биотит, магнетит. Акцессорные минералы: мусковит, корунд, гранат, циркон, сфен, кальцит, апатит, канкринит, гастингсит и эгирин. Наблюдается канкринит розовой окраски, исчезающей на свету. Анальцит и пренит встречаются совместно с различными продуктами изменения нефелина. Здесь открытыми работами ведется добыча нефелинового сиенита. Годовая продукция около 500 тыс. т. Темноцветные минералы удаляют из раздробленной породы магнитными сепараторами, причем магнетит используется как железная руда. Концентрат нефелинового сиенита идет в производство стекла и керамики.

Очень большой интерес представляет район Кипава, в юго-западной части Квебека, в котором обнаружена агапитовая минерализация. Агапитовые минералы, как известно, формируются в среде не только богатой щелочами, но и при их избытке над алюминием. Геология этого района пока изучена недостаточно. Породы района (Gittins, Lumbers, 1972) представлены пироксен-нефелиновыми сиенитами и щелочными гнейсами, сложенными плагиоклазом, микроклином и щелочным амфиболом, в которых встречаются небольшие тела пироксенита и амфиболита. Породы были интенсивно деформированы во время гренвилльской орогении.

Некоторые участки пироксен-амфиболовых тел содержат нефелин, редкие и необычные минералы. Эти участки обычно имеют пегматоидный облик. В них среди других минералов резко выделяется эвдиалит своей ярко-малиновой окраской. Кроме эвдиалита, встречаются и другие цирконийсодержащие минералы — власовит и хиортдалит, редкоземельные минералы: ринколит, мозандрит и бритолит, а также минералы, которые пока не определены и в литературе не описаны. Из числа последних следует назвать агреллит, формула которого, по данным Дж. Гиттинса, — $4\text{NaCaSi}_4\text{O}_{10}\text{F}$.

Среди пород в массиве локально встречаются и карбонатиты состава кальцит, флогопит, диопсид, роговая обманка и хондродит.

Щелочной комплекс района Монтереджиэн (Phipotts, 1970; Kumaгарели, 1970) представлен массивами, разнообразными по размерам, форме и составу (рис. 55). Они образуют цепь восточно-западного простирания длиной около 200 км (рис. 56), секущую границы грабена Святого Лаврентия, который является одним из основных элементов одноименной рифтовой системы. Предполагается, что места пересечения разломов в этой системе служили путями поступления щелочной магмы. Увеличивающийся в западном направлении рост основности и недосыщенности кремнеземом пород щелочного комплекса объясняется увеличением в этом направлении глубины заложения разломов, вскрывающих более глубокие подкорковые источники расплава. Внедрение интрузий, вероятно, совпадало с самыми последними стадиями тектонических движений, которые в пределах рифтовой системы Св. Лаврентия происходили в мезозое.

Ранние интрузивные фазы района Монтереджиэн представлены (Perrault, Mondarino, 1972) ультрамафическими и мафическими породами (перидотит, пироксенит и авгитовые габбро), поздние фазы — главным образом щелочными сиенитами. Возраст магматизма 90—126 млн. лет.

Генезис щелочных пород Халибертон-Банкрофт и Монтереджиэн остается дискуссионным.

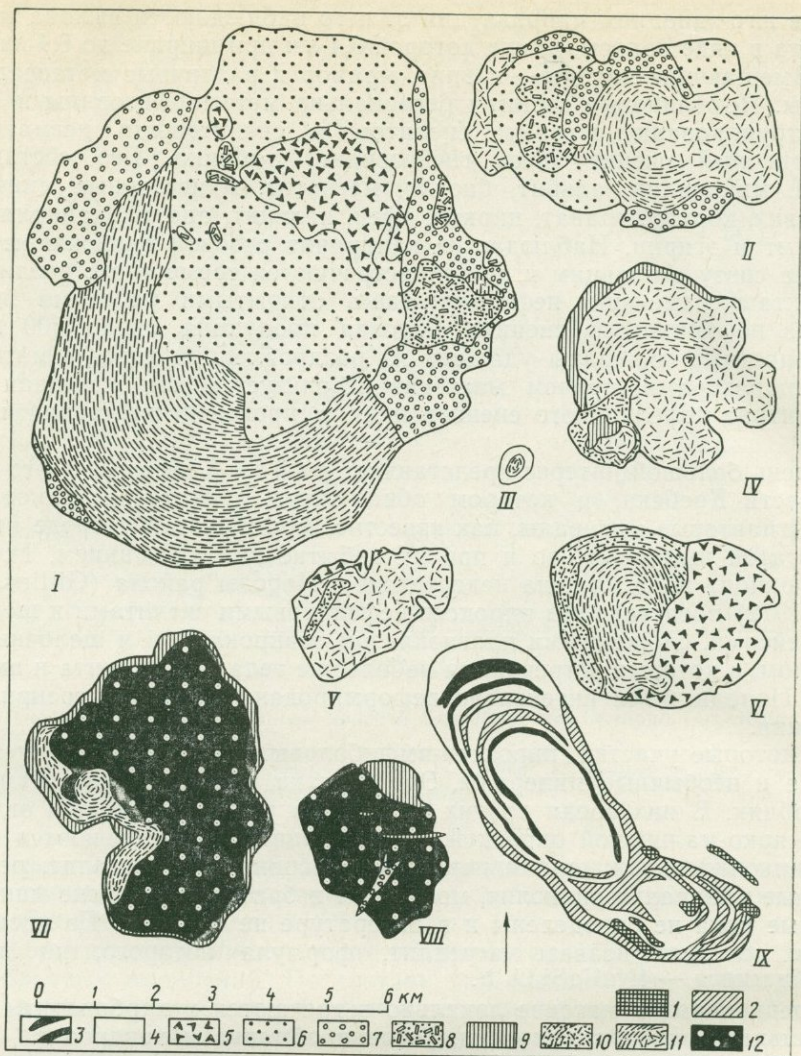


Рис. 55. Форма и размеры главных интрузивов района Монтереджиэн (по Philpotts, 1970)

Массивы:

- I — Броум;
- II — Шеффорд;
- III — Джонсон;
- IV — Ямаска;
- V — Ройал;
- VI — Сентилэр;
- VII — Ружмонт;
- VIII — Броум;

IX — Ока.

Породы:

- 1 — альноит;
- 2 — ийолит;
- 3 — окант, якупирангит;
- 4 — карбонатит;
- 5 — нефелиновый сиенит;
- 6 — пуласкит;
- 7 — нордмаркит;

- 8 — сиенит-порфир (брекчия);
- 9 — гибридные породы и анкерит;
- 10 — эссексит, нефелиновый диорит;
- 11 — габбро;
- 12 — перидотит, пироксенит

Акцентируется внимание (Watkinson, 1970; Wyllie, Watkinson, 1970) на том, что экспериментальные исследования не подтверждают гипотезу образования щелочных пород путем ассимиляции известняка и указывают на возможность существования карбонатного расплава магматического происхождения. Экспериментальными исследованиями (Watkinson, 1970) обосновывается, что комплекс щелочных пород-карбонатитов Ока формировался в результате магматических процессов, при фракционной кристаллизации карбонатно-нефелиновой магмы. Ниобиевые минералы также являются скорее продуктами магматической кристаллизации, чем гидротермального отложения.

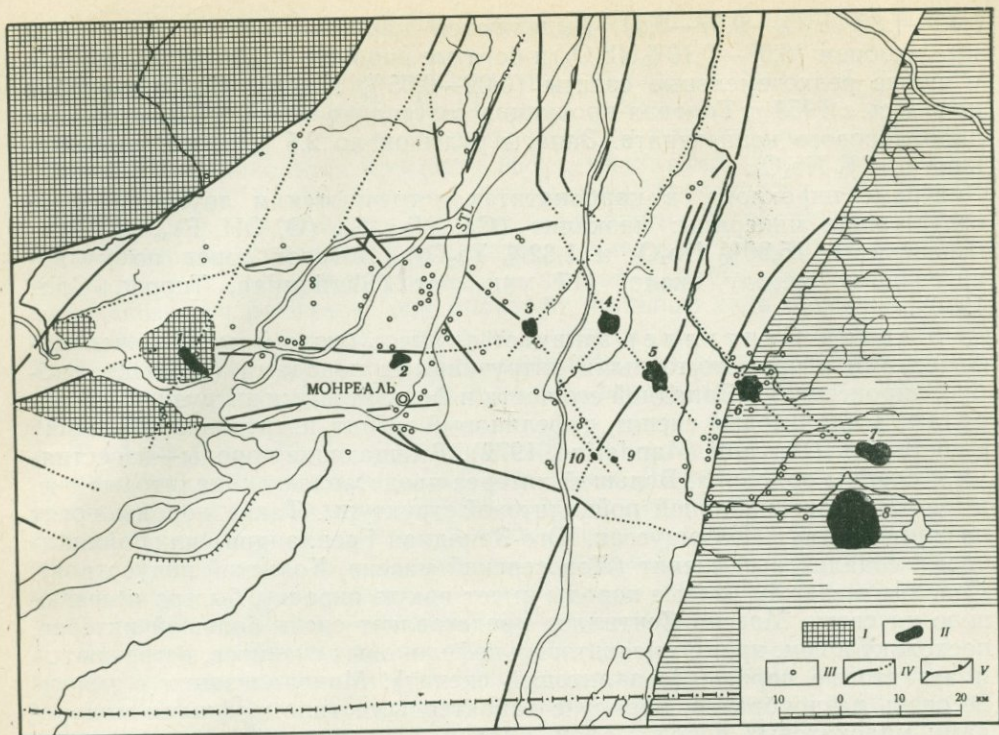


Рис. 56. Расположение главнейших интрузий района Монтереджиэн (по Купарей, 1970)

- | | | |
|---|----------------------------|---------------|
| I — докембрийские породы; | V — взброс (линия Логана); | 5 — Ружемонт; |
| II — главные интрузивные центры; | 1 — Ока; | 6 — Ямаска; |
| III — дайки, силы; | 2 — Ройал; | 7 — Шеффорд; |
| IV — крутой сброс, установленный предположительно под чехлом; | 3 — Бруно; | 8 — Броум; |
| | 4 — Сентилэр; | 9 — Джонсон; |
| | | 10 — Гран-Буа |

Имеются и иные взгляды, согласно которым нефелиновые сиениты и родственные им породы могли образоваться в результате анатексиса (Cuggie, 1970).

Наибольший интерес в районе Монтереджиэн представляют массивы Ока и Сентиллер.

Массив Ока расположен в 32 км западнее Монреаля. Он сложен серией пород очень разнообразного состава нижнемелового возраста (Gold, 1972). Размеры массива по площади $7,2 \times 2,4$ км. Расположен он среди полеозойских осадочных пород. В массиве выделяются следующие серии пород: 1) карбонатиты — совиты (кальцит) и раухаугиты (доломит); 2) окаит-якупирангитовая серия (окаиты, нефелиновые окаиты, якупирангиты и др.); 3) ийолит-уртитовая серия (мельтейгиты, ийолиты, уртиты); 4) лампрофиры (альнониты, фурчиты); 5) метасоматические породы (глиммериты, фениты).

Минералы, слагающие породы массива Ока, очень разнообразны. Большая часть из них отражает среду, богатую щелочами, CO_2 , H_2O , F, TR, Nb, Sr, Ti, Zr, Ba и бедную SiO_2 . Они рассматриваются как производные «пегматитовой» фазы щелочной ультраосновной родоначальной магмы, вероятно, мантийного состава.

В карбонатитах широко распространен пироклор. Его состав (в %): Nb_2O_5 —40,53—65,80; Ta_2O_5 —0,04—3,54; TiO_2 —2,59—10,42; ThO_2 —0,03—7,23; U_3O_8 —0,02—1,83; Ce_2O_3 —1,63—8,87; La_2O_3 —0,37—1,45; Nd_2O_3 —

0,39—1,89; Y_2O_3 —0,07—0,21. Выделяются карбонатиты (совиты), бедные ниобием (0,03—0,10% Nb_2O_5) и богатые ниобием (0,30—0,90% Nb_2O_5), а также редкоземельные совиты (0,02—0,05% Nb_2O_5). Добыча ниобия началась с 1953 г. Годовая продукция составляет около 2,5 млн. фунтов пирохлорового концентрата. Запасы руды около 2,5 млн. т с содержанием 0,45% Nb_2O_5 .

Кроме пирохлора, в карбонатитах встречаются и другие ниобий-содержащие минералы: ниокалит $(Ca, Nb)_{16}Si_8(O, OH, F)_{36}$ и Nb — перовскит (с 15,80% Nb_2O_5 и 1,32% Ta_2O_5). Возраст пород по калий-аргоновому методу около 117 млн. лет (Shafiqullah, Turper, Cole, 1970).

Массив Сентиллер занимает площадь около 9 км². Сложен мафическими и промежуточными интрузивными породами (эссексит, габбро, пироксенит) в Западной его части и фельзитовыми интрузивными породами (содалитовый сиенит, нефелиновый сиенит, интрузивная брекчия) в восточной (Perrault, Mandarino, 1972). Вмещающие породы — известняки и сланцы ордовика. Большой интерес представляют содалитовые сиениты из-за оригинальной пойкилитовой структуры. Такие породы носят название науяит (Илимауссак, Юго-Западная Гренландия) или пойкилитовый содалитовый сиенит (Ловозерский массив, Кольский полуостров). Содалит в свежем изломе породы имеет яркую окраску, быстро исчезающую на свету. Массив Сентиллер представляет очень большой интерес, поскольку в нем, кроме миаскитовых нефелиновых сиенитов, встречаются и агапитовые породы (содалитовый сиенит). Минерализация в массиве очень разнообразна, наряду с характерными типоморфными минералами миаскитовых пород — сфен, циркон, пектолит, канкринит, апатит, флюорит, кальцит, ильменит и другие, встречаются и типично агапитовые минералы — эгирин, щелочные амфиболы, содалит, эвдиалит, эпидидимит, рамзаит и др. В северо-восточной части массива имеется карьер, в котором нефелиновые и содалитовые сиениты добываются как цементное сырье и материал для фундаментов. В карьере среди нефелиновых сиенитов встречаются пегматиты в виде жил небольшой мощности (до 30 см) и гнезда до 2 м в диаметре. В них установлено большое число очень разнообразных минералов (около 90). Большинство из них относится к пегматитовым и гидротермальным фазам минералообразования, а некоторые являются продуктами контактового метаморфизма (Chao et al., 1967; Perrault, Mandarino, 1972).

Пегматиты, наблюдаемые в виде жил, сложены микроклином, альбитом, эгирином, часто и анальцимом. Акцессорные минералы: астрофиллит, канкринит, катаплеит, эльпидит, пектолит, серандит и др.

Измененные пегматоиды (как и неизмененные) состоят из микроклина, альбита, эгирина и анальцима. Из акцессорных минералов наиболее изобильны сульфиды (пирит, сфалерит и галенит). Из других минералов следует назвать эльпидит, эпидидимит, аморфный материал, богатый железом и марганцем.

По составу пегматоидные гидротермальные образования, наблюдаемые в гнездах среди нефелинового сиенита, подразделяются на два типа: а) содержащие силикаты (эгирин, микроклин, альбит, анальцит, натролит) и разнообразные акцессорные минералы (анкилит, андрадит, апатит, апофиллит, канкринат, катаплеит, эльпидит, эпидидимит, эвдиалит, флюорит, гельвин, лейкокран, Мп-нептунит, полилитионит, пирохлор, ринкит и серандит); б) содержащие карбонаты; их состав более простой — сидерит, анкерит, бастнезит, кальцит, пирит, амфиболы, синкизит, циркон.

В ксенолитах среди брекчированного сиенита встречаются нарсарсуцит, лейкосфен, рамзаит, пектолит, волластонит, идокраз, кальцит и др.

Кроме регионов Южной Онтарио (Ниписсинг, Халибертон-Банкрофт и др.) и Квебека (Монтереджиэн, Кипава), щелочные породы известны

и в других местах Канады: Айс Ривер (Британская Колумбия) и Сил-Лейк (Лабрадор).

В районе Айс Ривер щелочные породы слагают два изолированных массива (Campbell, 1961). Один занимает площадь 16×8 км, второй — около $3,2$ км². Эти массивы сложены нефелиновыми сиенитами (на их долю приходится примерно 50%), ийолитами (около 40%), якупирангитами (10%) и небольшим количеством содалитового сиенита. Порядок формирования пород считают следующим: якупирангиты, ийолиты, нефелиновые сиениты и содалитовые сиениты. Последние рассматриваются как гибридные породы, а не как продукт дифференциации магматического расплава; они образуют жильные тела в нефелиновых сиенитах. В составе содалитового сиенита 60% — полевого шпата, 30% — содалита, 10% — Fe—Mg минералов. Возраст щелочных пород (по лепидомелану), определенный калий-аргоновым методом, исчисляется в 350 млн. лет.

Район Сил-Лейк (Центральный Лабрадор) сложен (Brummer, Mann, 1961) протерозойскими сериями пород: Леттия-Лейк и Сил-Лейк. Последние несогласно залегают на породах первой серии. В юго-западной части площади в породах Леттия-Лейк имеется две радиоактивные зоны с ниобий-торий-редкоземельной минерализацией. В обеих зонах установлены щелочные породы — эгириновые сиениты и минерал эвдиалит, характерный для агпаитовых щелочных пород.

В ореоле интрузивных тел щелочных сиенитов появляются метасоматические сиенитовые гнейсы (фениты), развивающиеся по амфиболитам (Heinrich, Quon, 1963). Минеральный состав щелочных пород таков: анортотлаз, альбит, эгирин, рибекит, сфен, апатит и эвдиалит, а состав фенитов более разнообразен — ортоклаз, альбит, эгирин, арфведсонит, биотит, мусковит, барилит, эвдидимит, пироклор, нептунит, триплит, апатит, эпидот, сфен, кальцит, сфалерит и гематит.

В районе Джон-Лейк (Лабрадор) канадскими геологами (Singh, Bonardi, 1972) обнаружены нефелиновые сиениты агпаитового ряда с очень разнообразной минерализацией. Результаты их изучения пока не опубликованы.

В заключение можно отметить, что щелочные породы Канады представляют большой интерес для геологов разных стран по следующим причинам.

1. Они формировались в различной геологической обстановке, имеют неодинаковый возраст и очень разнообразны по своему составу; распространены не только миаскитовые нефелиновые сиениты, но и агпаитовые разновидности последних.

2. С щелочными породами пространственно и генетически связаны карбонатиты, несущие промышленное пироклоровое оруденение.

3. Нефелиновые сиениты разрабатываются как сырье для стекольной и керамической промышленности.

Литература

- Brummer J. J., Mann E. L. Geology of the Seal Lake area, Labrador.— Geol. Soc. America Bull., 1961, 72, N 9.
- Campbell F. A. Differentiation trends in the Ice River Complex, British Columbia.— Am. Journ. Sci., 1961, 259, N 3.
- Chao C. Y., Harris D. C., Hounslow A. W. et al. Minerals from the nepheline syenite Mant. St. Hilaire.— Canad. Mineral., 1967, 9, N 1.
- Currie K. L. An hypothesis on the origin of alkaline rocks suggested by the tectonic setting on the Monteregian hills.— Canad. Mineral., 1972, 10, N 3.
- Gittins J., Lumbers S. B. Alkaline rock complex and carbonatites of Ontario and part of Quebec.— Intern. geol. congr. XXIV session. Exc. A-53—C-53. Montreal, 1972.
- Gold D. P. The Monteregian Hills: Ultra-alkaline rocks and the Oka carbonatite complex.— Intern. geol. congr. XXIV session. Exc. B-11. Montreal, 1972.
- Heinrich E. W., Quon S. H. Neptunite from Seal Lake, Labrador.— Canad. Mineral., 1963, 7, N 4.

- Hewitt D. F.* Nepheline syenite deposits of Southern Ontario.—Ont. Dept. Mines Ann. Rept, 1960, 64, N 8.
- Kumarapeli P. S.* Monteregian alkalic magmatism and the St. Lawrence rift system in space and time.—Canad. Mineral., 1970, 10, N 3.
- Lumbers S. B.* Geology of the Nort Bay area district of Nipissing and Parry Sound.—Ont. Dept. Mines, Geolog. Rept., 94, 1971.
- Perrault G., Mandarino J. A.* The Monteregian Hills: Mineralogy of maunt St. Hilaire.—Intern. geol. congr. XXIV session. Excur. B-15. Montreal, 1972.
- Philpotts A. R.* Mechanism of emplacement of the Monteregian intrusions.—Canad. Mineral., 1970, 10, N 3.
- Shafiqullah M., Tupper W. M., Cole T.J. S. K.*—Ar age of the carbonatite complex, Oka, Quebec.—Canad. Mineral., 1970, 10, N 3.
- Singh S. K., Bonardi M.* Mössbauer resonance of arvedsonite and aedirine—augite from the Joan Lake agpaitic complex, Labrador.—Lithos, 1972, N 5.
- Watkinson D.* Experimental Studies bearing of the origin of the alkalic rock — Carbonatite complex and niobium mineralization at Oka, Quebec.—Canad. Mineral., 1970, 10, N 3.
- Wyllie P. J., Watkinson D.* Phase equilibrium studies bearing on genetic linke between alkaline and subalkaline magmas, with special reference to the limestone assimilation hypothesis.—Canad. Mineral., 1970, 10, N 3.

А. М. Доминова

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД, ПРИНЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ СУБКОМИССИЕЙ ПО СИСТЕМАТИКЕ И НОМЕНКЛАТУРЕ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД

Во время XXIV сессии Международного геологического конгресса в Монреале состоялись заседания субкомиссии по номенклатуре и систематике изверженных пород Международного союза геологических наук (IUGS)¹. В заседаниях участвовали петрографы ГДР, Голландии, Дании, Индии, Италии, Канады, СССР, США, Франции, ФРГ, Чехословакии, Швейцарии. Председательствовал А. Штрекайзен (Швейцария), обязанности секретаря выполнял А. Дудек (Чехословакия). Петрографический комитет поручил В. Кононовой и автору этой статьи принять участие в работе субкомиссии в качестве представителей от нашей страны.

Ранее, в апреле 1972 г., в Берне были проведены рабочие заседания субкомиссии, на которых были согласованы общие принципы систематики интрузивных пород и приняты предварительные классификационные графики для гранитоидов, щелочных пород, ультрамафитов (ультраосновных пород), габброидов и чарнокитов.

По всем вопросам, обсуждавшимся на заседаниях в Берне, были учтены предложения советских петрографов, выработанные на Всесоюзном терминологическом совещании в январе 1972 г.

В Монреале был утвержден окончательный вариант общей классификационной диаграммы интрузивных (плутонических) пород и частные графики для габброидов и ультрамафитов. Последние по сравнению с бернскими вариантами были значительно изменены.

В ноябре 1972 г. наша терминологическая комиссия рассмотрела решения, принятые в Монреале, и направила в субкомиссию свои замечания по графикам для ультрамафитов и габброидов, которые, таким образом, еще не могут считаться окончательными.

Общая классификационная диаграмма интрузивных пород, утвержденная Международной субкомиссией в Монреале, одобрена нашей терминологической комиссией и рекомендована к использованию.

Эта диаграмма (рис. 57) построена с учетом следующих положений.

1. Основным признаком для классификации интрузивных пород считается их количественный минеральный состав в объемных процентах.

2. В соответствии с химическим составом породообразующие минералы объединяются в пять групп: *Q* — кварц; *A* — щелочные полевые шпаты (ортоклаз, микроклин, пертит, альбит № 0—5); *P* — плагиоклазы № 5—100; *F* — фельдшпатоиды (нефелин, содалит, анальцим и др.); *M* — феррические минералы (оливин, пироксены, амфиболы, биотит) и аксессуарные минералы.

¹ Совет IUGS принял решение расширить полномочия субкомиссии, переименовать ее в комиссию «классификационной петрологии» (IUGS Commission on Systematics in Petrology) и создать при ней три субкомиссии: а) по систематике изверженных пород, б) по систематике метаморфических пород и в) по систематике осадочных пород. Председателем комиссии утвержден А. Штрекайзен (Швейцария).

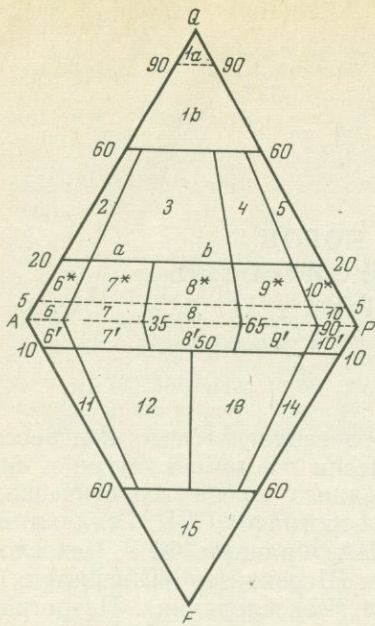


Рис. 57. Общая классификационная диаграмма для интрузивных пород, содержащих менее 90% феррических минералов

3. По содержанию феррических минералов (граница по $M=90\%$) выделяется два класса: а) $M<90$, куда относится громадное большинство пород (пятнадцать групп) и б) $M>90$, куда попадают ультрамафиты (ультраосновные) породы, состоящие из одних феррических минералов (одна группа).

4. Породы, относящиеся к первому классу ($M<90$), классифицируются по соотношениям входящих в их состав силикатных минералов.

Сумма $Q+A+P$ или $F+A+P$ приравнивается к 100% и далее рассчитывается процентное содержание каждого компонента.

5. Составы пород изображаются графически на двух сопряженных треугольниках, в вершинах которых помещаются Q, A, P и F . Треугольники разбиты на 15 полей, каждое из которых ограничивает определенную группу пород (рис. 57). Номенклатура этих групп в порядке нумерации полей следующая.

1а. Кварцолит (силексит). Название, приведенное в скобках, считается менее подходящим.

1б. Богатый кварцем гранитоид.

2. Щелочно-полевошпатовый гранит. Это основное название. В зависимости от природы щелочного полевого шпата, присутствующего в определенной породе, она может быть названа ортоклазовым, микроклиновым или альбитовым гранитом. Термин щелочной гранит применяется к породам, в составе которых имеются щелочные амфиболы и /или/ щелочные пироксены. Аляскитом называются лейкократовые щелочно-полевошпатовые граниты, в которых феррические минералы составляют менее 5%.

3. Гранит. При желании подразделить это поле на два можно использовать дополнительные названия гранит «а» или альфа (α) и гранит «б» или бета (β).

4. Гранодиорит.

5. Тоналит. Термины трондьемит и плагиогранит можно использовать для лейкократовых разновидностей, в которых феррические минералы составляют менее 10%, а плагиоклазы представлены олигоклазом или андезитом.

6*. Щелочно-полевошпатовый кварцевый сиенит.

7*. Кварцевый сиенит.

8*. Кварцевый монзонит.

9*. Кварцевый монцодиорит/кварцевое монцогаббро.

10*. Кварцевый диорит/кварцевое габбро.

6. Щелочно-полевошпатовый сиенит. Так же, как в случае щелочно-полевошпатового гранита, отдельные представители пород этой группы могут называться в соответствии с присутствующим щелочным полевым шпатом ортоклазовыми, микроклиновыми или альбитовыми сиенитами.

7. Сиенит.

8. Монзонит.

9. Монцодиорит/монцогаббро.

10. Диорит /габбро/ анортозит.

6¹. Фоидсодержащий (фельдшпатоидсодержащий) щелочно-полево-шпатовый сиенит.

7¹. Фоидсодержащий сиенит.

8¹. Фоидсодержащий монцонит.

9¹. Фоидсодержащий монцодиорит/монцогаббро.

10¹. Фоидсодержащий диорит/габбро.

11. Фоидный (фельдшпатоидный) сиенит. Это основное название. В зависимости от природы фельдшпатоида, входящего в состав породы, она может быть названа нефелиновым сиенитом, содалитовым сиенитом и т. п.

12. Фоидный плагиосиенит (фоидный монцосиенит). В скобках — синоним. Первое название предложено советскими петрографами.

13. Эссексит (фоидный монцодиорит/фоидное монцогаббро). В скобках — синоним. Первое название мы считаем лучшим, так как оно отражает специфику щелочных пород.

14. Тералит (фоидный диорит/фоидное габбро). В скобках — равноценное название, но мы предпочитаем первое как специфическое.

15. Фоидит. В зависимости от природы фельдшпатоида и содержания фемических компонентов породы этой группы будут иметь свои названия: уртит, ийолит, мельтейгит и т. п.

В. В. Тихомиров

ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

В дни проведения XXIV сессии Международного геологического конгресса в Канаде состоялся ряд мероприятий связанных с исследованиями по истории геологических знаний: два научных симпозиума, на которых были проанализированы особенности развития некоторых отраслей геологии, заседаний Совета Международного союза геологических наук (МСГН), обсудившего отчет о деятельности Международного Комитета по истории геологических наук (ИНИГЕО) и два общих собрания этого Комитета.

Симпозиум на тему «Развитие представлений о докембрийской истории Земли» проходил в Монреале 23, 24 и 28 августа 1972 г., на каждом из его заседаний присутствовало от 50 до 75 человек. В процессе подготовки к симпозиуму поступило значительное число заявок; было принято 16 докладов, на которых заслушано и обсуждено 12 докладов. Ниже приводится краткий обзор всех докладов, тезисы которых опубликованы в специальном сборнике независимо от того, были ли эти доклады прочитаны или остались незаслушанными.

Все доклады по своей направленности подразделяются на три группы. Наибольшее число докладов было посвящено изложению истории разработки общих проблем геологии докембрия. Ряд докладов этой группы затрагивал вопросы, связанные с развитием представлений об образовании докембрийских пород. Среди ранних высказываний по данной проблеме, как это показал А. Осповат, США (А. Osipov), наибольшее влияние на науку своего времени оказали идеи А. Вернера, высказанные на рубеже XVIII и XIX вв., согласно которым докембрийские породы («первичные» или «примитивные») трактовались как состоящие из кристаллов, выпавших химическим путем из вод древнейшего океана, не содержавшего еще никаких живых организмов.

Один из последователей А. Вернера, американский геолог начала XIX в., В. Маклур считал, как это видно из доклада Дж. Уайта, США (J. White), что «первичные» (докембрийские) породы возникли как из осадочных, так и из вулканических образований в результате их нагревания и переплавления. В. Маклур полагал, что очаг вулканической деятельности находился непосредственно в «первичных» породах либо неглубоко, под ними.

Два доклада были посвящены развитию представлений в области лито- и петрогенезиса докембрийских толщ. Так, Р. Дитрих, США (R. Dietrich), подчеркнувший факт широкого распространения мигматитов в докембрии, указал, что развитие представлений об их происхождении должно рассматриваться как составная часть общей истории изучения докембрийских образований.

В другом докладе, прочитанном Д. Стивенсоном, Канада (J. Stevenson), было показано, что в процессе изучения докембрийских траппов в районе Онтарио впервые была выдвинута идея об особенностях генезиса кольцевых даек и о связи с ними никелевого оруденения.

В двух других сообщениях освещался вопрос о развитии взглядов на условия возникновения первичной земной коры. В докладе И. Батюшковой (СССР) подчеркивалось, что, начиная с глубокой древности, в мифах, а затем в трактатах античных ученых рассматривался вопрос о самом раннем этапе истории материков и океанов. Согласно древней космологии, первичная суша поднялась из вод океана, натурфилософы XVII в. считали, что суша и океаны возникли в результате обрушения первичной коры, а в XIX в. полагали, что воздымание первичной тонкой коры привело к образованию цоколя будущих континентов. В начале XX в. распространение получили представления А. Вегенера о разрыве первичной сиалической оболочки и концентрации ее в одной зоне (материке) при отсутствии в другой (океане).

На аналогичной, но более частной теме остановился Г. Регнелл, Швеция (G. Regnell), охарактеризовавший высказывания скандинавских ученых XVIII в. об особенностях природы Земли в самый ранний период ее существования.

В серии докладов по общим проблемам внимание привлекло выступление А. Опарина (СССР), осветившего современное состояние проблемы о возникновении жизни на Земле. Рассмотрев начальную (химическую) стадию углеродных соединений в различных космических телах и возможные варианты абиогенного синтеза, докладчик остановился на вопросе о путях возникновения «первичного бульона» на поверхности примитивной Земли, в котором могла начаться биологическая стадия эволюции биогенных углеродистых соединений. Такие соединения образовывали незамкнутые системы, способные к дальнейшему росту. Вслед затем должны были возникнуть простейшие формы жизни и начаться их эволюция.

Самому раннему этапу существования жизни на Земле был посвящен также и доклад В. Тихомирова (СССР), изложившего развитие идеи по проблеме палеогеографических условий на древних материках. Докладчик отметил, что в первой четверти XX в. господствовали представления И. Вальтера и А. Павлова о том, что докембрийская суша являлась безжизненной, каменистой пустыней, на которой свирепствовали частые вихри, сопровождавшиеся ливнями и песчаными бурями. Точка зрения о том, что суша стала заселяться только с силура, господствует до наших дней, хотя еще в 40-х годах Л. Берг привел ряд соображений в пользу того, что уже с низов архея не только моря, но и суша были населены примитивными организмами (бактерии, грибы и синезеленые водоросли), обитавшими в полупустынных условиях аналогично водорослям современных засушливых зон. Л. Берг считал, что докембрийские каолины — это ископаемые почвы, а наличие точечных включений графита и корунда является результатом метаморфизации наземных водорослей и латеритов. Докладчик подчеркнул, что идеи о раннем заселении докембрийской суши заслуживают самого серьезного внимания и постановки специальных исследований с целью проверки этих предположений.

Истории изучения древнейших организмов коснулся Л. Йохельсон, США (E. Jechelson), показавший, что в конце XIX в. Ч. Уолкот обратил внимание на строматолиты из докембрия Большого каньона и первым описал органические постройки, связанные с жизнедеятельностью древнейших водорослей. Он же, одним из первых, указал на важную роль бактерий в процессе отложения известняков.

Вслед за сообщениями по общим проблемам второе место по количеству докладов принадлежало истории развития взглядов по региональной тематике. К этой группе относятся сообщения Дж. Андерсона, Великобритания (J. Anderson) об истории выделения докембрия в Шотландии и Ирландии и Т. Форда, Великобритания (T. Ford) об истории изучения докембрия в районе Чарнвуд Форест, Англия, где эти породы

нашли применение еще с глубокой древности, когда из них изготавливались каменные топоры, а позднее они стали использоваться в качестве кровельных сланцев. Историю изучения контуров докембрийского Канадского щита, составляющего ядро Северо-Американского континента, изложил В. Купш, Канада (W. Kupsh), а развитие исследований австралийского докембрия было освещено в докладе Д. Бранагана, Австралия (D. Branagan), показавшего, что вплоть до начала применения радиометрического метода возраст метаморфизованных образований трактовался различно и допускались серьезные ошибки. Аналогичное положение имело место и в установлении геохронологии докембрийских образований, развитых в пределах индийского штата Майсур, о чем было сказано в сообщении С. Самбе Гоуди и Р. Шринивасана, Индия (S. Sambé Gowda, R. Srinivasan), затронувших также историю развития взглядов на происхождение, строение, классификацию, микропалеонтологию и корреляцию докембрийских отложений этого региона.

Несомненный интерес представили доклады, посвященные методике изучения докембрийских пород. Таких докладов на симпозиум было представлено два. Один из них, подготовленный Д. Боусом и А. Хопгудом, Шотландия (D. Bowes, A. Hopgood), посвящен анализу исторических материалов, свидетельствующих, что методика установления протирания докембрийских структур, основанная на изучении литологического состава, трещиноватости, сланцеватости, а также ориентации основных сбросов и линейментов фундамента, не раз приводила к ошибкам и неверным сопоставлениям. Это заключение имеет важное значение для геологов, ныне проводящих полевые исследования в районе развития докембрийских пород и несомненно может предотвратить серьезные ошибки.

Второй доклад из числа сообщений по вопросам методики был представлен К. Кратцем, В. Маслениковым и Н. Бархатовой (СССР), проанализировавшими историю применения и развития методов абсолютной геохронологии в Советском Союзе. Авторами показано, что В. Вернадский в 1910 г. первым указал на возможность использования радиоактивных изотопов для определения абсолютного возраста горных пород, а в 1946 г. советскими учеными В. Хлопиным и Э. Герлингом был разработан калий-аргоновый метод, получивший затем повсеместное распространение. В СССР успешно применяются и развиваются также и другие радиометрические методы, что позволило составить детальную геохронологическую шкалу от древнейших геологических образований (4 млрд. лет) до новейших.

Содержание докладов, представленных на симпозиум, с достаточной убедительностью свидетельствует, что исторические исследования способствуют не только ознакомлению с развитием той или иной проблемы или методики, но и освещают отдельные важные стороны разрабатываемых ныне проблем, помогают избежать ошибочных трактовок и способствуют выбору наиболее целесообразного и важного направления дальнейших изысканий. В этом отношении особенно показательны работы, посвященные истории отдельных вопросов общегеологического характера, а также развитию исследовательских методов.

Симпозиум «История минералогии» состоялся в Монреале 25 августа 1972 г. В его работе участвовало около 60 человек; было принято 8 докладов, заслушано 6. Тезисы всех докладов были опубликованы. Ниже дается краткий обзор докладов, представленных на симпозиуме.

Эти доклады можно подразделить на три основные группы, несколько различающиеся по тематике. Непосредственно проблемам, связанным с историей минералогии, было посвящено два сообщения. Общие вопросы особенности прогресса минералогической науки были рассмотрены в выступлении С. Шнеера, США (C. Schnee), показавшего, что ее развитие следует рассматривать как процесс воздействия выявленных природ-

ных фактов на теоретические положения, выдвигаемые человеком; часто идея предшествует установлению того или иного факта.

Докладчик показал, что развитие минералогии происходило в тесном взаимодействии с такими науками, как химия, физика, математика и особенно геология. Развитие горного дела от эпохи применения кремня до открытия Саксонских серебряных рудников стимулировало минералогические труды древних и средневековых ученых. Докладчик отметил, что промышленная революция XIX в. создала условия, вызвавшие развитие представлений о группах симметрии, о теории решеток и некоторые современные идеи о строении кристаллов.

А. Поваренных (СССР) рассказал о роли М. Ломоносова в развитии минералогических исследований XVIII в. Он одним из первых начал отходить от классификации минералов по внешним и физическим их свойствам, стремясь поставить во главу угла данные о химическом составе. Докладчик подчеркнул, что М. Ломоносов исходил из представлений о том, что всякое вещество состоит из мельчайших частиц (атомов), и, опираясь на эти взгляды, стремился объяснить кристаллографическую форму и свойства минералов. Он считал, что минералы образуются главным образом в результате химических реакций при больших температурах, на значительных глубинах и при участии минерализаторов. Он утверждал, что минералы возникают в строго органических комбинациях, причем весь период своего существования они претерпевают постоянные изменения, вплоть до полного разрушения.

Три доклада на симпозиуме были посвящены истории кристаллографии. В докладе Д. Берка, США (J. Burke) было показано, что еще в первой половине XIX в. появились идеи о решетчатом строении кристаллического вещества. В середине столетия О. Браве доказал, что максимальное число возможных решеток равно 14.

Докладчик проанализировал источник причин, обусловивших зарождение идеи о решетчатом строении кристаллов, и установил несомненное влияние работ предшественников на положения, выдвигавшиеся О. Браве. Непосредственным продолжением этого доклада явилось сообщение Р. Хокера, Франция (R. Hocart), охарактеризовавшего путь развития кристаллографии на более позднем этапе. Он отметил, что 111 теорем, выведенных О. Браве, и 37 решенных им задач признаны сейчас классическими, и его указание, что грани кристалла характеризуют плотность его решетки явилось важным вкладом в теорию. Докладчик остановился также на работах Э. Маларда, внесшего большой вклад в изучение решетки двойников и явления изоморфизма. Его ученик Г. Фридель развил дальше теоретические положения, объяснил особенности решетки 4 типов двойников, а также явления изоморфизма и полиморфизма. Он предсказал существование в кристаллах центра симметрии, доказанное позднее посредством рентгенометрии.

Кристаллографическим идеям конца XIX в. был посвящен также и доклад В. Хоссера, США (W. Hosser), проанализировавшего представление малоизвестного кристаллографа В. Барлоу. Его мысли о плотной атомной «упаковке» кристаллов, оказавшиеся пророческими, были несомненно очень важны, но остались незамеченными и, по-видимому, не оказали влияния на развитие структурной кристаллографии.

Два других доклада, содержащие некоторые неизвестные прежде сведения по истории создания специализированных приборов для изучения формы и оптических свойств кристаллов, были представлены Р. Шанклиным и Г. Венденом, США (R. Shanklin, H. Wenden). В первом своем сообщении они остановились на истории изобретения и усовершенствования двукружного гониометра. Первоначальной основой явился однокружный отражательный гониометр, сконструированный в 1809 г. и имевший целый ряд недостатков, с которыми, однако, долгое время мирились. В 1874 г. В. Миллером был создан первый двукружный гонио-

метр, который, однако, не получил распространения. Докладчики подчеркнули, что лишь после 1892—1893 гг., когда Е. Федоровым и В. Гольдшмидтом был независимо от В. Миллера изобретен новый двукружный гониометр, он сразу же получил широкое применение.

В другом своем докладе те же авторы изложили историю создания поляризационного микроскопа. В начале XIX в. разносторонний ученый В. Талбот сконструировал микроскоп, специально предназначенный для петрографических исследований. Используя призму Николя, он наблюдал явление нарастания кристаллов и двойникования, изучал строение сферолитов, плеохроизм и многочисленные случаи двупреломления.

Из-за отсутствия на Конгрессе И. Шафрановского (СССР) остался незаслушанным его доклад, характеризующий вклад Е. Федорова в минералогию, петрографию и кристаллографию. Однако, благодаря заблаговременно опубликованным тезисам, участники симпозиума получили возможность ознакомиться с содержанием этого доклада, в котором отмечалось, что Е. Федоров вывел 230 геометрических фигур, которые соответствуют всем возможным вариантам кристаллического строения. Он разработал теодолитный метод в минералогии и петрографии. Введенный им универсальный метод изучения породообразующих минералов при помощи так называемого федоровского столика получил ныне повсеместное признание. Е. Федоров разработал основы кристаллохимического анализа, выведя взаимосвязь между внешней формой, внутренним строением и составом минерала.

Симпозиум по истории минералогии, привлечший большое внимание участников конгресса, способствовал раскрытию значительного числа ранее неизвестных или забытых фактов из истории науки и показал, что эти проблемы интересуют многих геологов, даже специально не занимающихся историческими исследованиями.

22 августа 1972 г. состоялось заседание Совета МСГН, на котором был заслушан и обсужден отчет о деятельности ИНИГЕО за период 1968—1972 гг. Было отмечено, что Комитет проводит активную работу с целью расширения исследований по истории геологических знаний, выявлено и привлечено к участию в работах ИНИГЕО свыше 200 ученых из 36 стран, интересующихся и занимающихся изучением истории различных областей геологической науки, проведено 5 симпозиумов, прошедших со значительным успехом. Совет Международного союза геологических наук одобрил отчетный доклад ИНИГЕО и избрал новый его состав в количестве 17 человек.

25 и 29 августа 1972 г. состоялись два общих собрания ИНИГЕО, на которых были обсуждены все стороны деятельности Комитета за отчетный период и намечен план его работ на предстоящее четырехлетие. Было решено провести в 1974 г. в Испании симпозиум по истории преподавания геологических знаний и в 1975 г. в Великобритании симпозиум, посвященный 100-летию со дня смерти Ч. Лайеля. Общее собрание заслушало информации о создании национальных групп историков геологии на правах подкомитетов ИНИГЕО в Великобритании и в СССР, а также о подготовке к созданию подобных же подкомитетов в Польше и США. Были проведены выборы бюро ИНИГЕО и членов-корреспондентов Комитета (избрано 42 человека от 19 стран).

Комплекс мероприятий, проведенных на XXIV сессии МГК, связанных с развитием исследований по истории геологических наук и в особенности два специальных симпозиума, имевших значительный успех, стали убедительной демонстрацией того, что сравнительно недавно сформировавшаяся новая отрасль знаний — история геологических наук — заняла уже хотя и скромное, но равноправное место среди других областей геологии, издавна представленных на сессиях Международного конгресса.

СПИСОК ТРУДОВ XXIV СЕССИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА

International Geological Congress, XXIV session; Montreal, 1972.

- Section 1. Precambrian geology; p. 380
Conveners: A. M. Coodwin, H. R. Wynne-Edwards
- Section 2. Petrology; p. 340.
Conveners: J. Gittens, J. E. Reesor
- Section 3. Tectonics; p. 659.
Conveners: R. J. W. Douglas, J. T. Wilson
- Section 4. Mineral deposits; p. 553
Conveners: F. A. Campbell, H. D. B. Wilson
- Section 5. Mineral fuels; p. 197.
Conveners: D. W. Axford, R. G. McCrossan
- Section 6. Stratigraphy and sedimentology; p. 446
Conveners: D. J. McLaren, G. V. Middleton
- Section 7. Paleontology; p. 650.
Conveners: B. L. Mamet, G. E. G. Westermann
- Section 8. Marine geology and geophysics; p. 278.
Conveners: J. W. Murray, B. R. Pelletier
- Section 9. Exploration geophysics; p. 189.
Conveners: P. Hood, E. Gaucher
- Section 10. Geochemistry; p. 446.
Conveners: R. W. Boyle, D. M. Shaw
- Section 11. Hydrogeology; p. 318.
Conveners: J. A. Cherry, R. N. Farvolden, D. H. Lennox
- Section 12. Quaternary geology; p. 226.
Conveners: J. G. Fyles, A. M. Stalker, W. O. Kupsch
- Section 13. Engineering geology; p. 307.
Conveners: C. B. Crawford, J. S. Scott
- Section 14. Mineralogy; p. 214.
Conveners: G. Perrault, E. H. Nickel, D. C. Harris
- Section 15. Planetology; p. 170.
Conveners: P. M. Millman, M. R. Dence
- Section 16. Computer-based storage; p. 221.
Conveners: R. Bergeron, C. F. Burk, S. C. Robinson
- Section 17. Geological education; p. 116.
Conveners: L. S. Stevenson, J. E. Armstrong
- Simposium 1. Earth sciences and the quality of life; p. 81.
Edit. J. E. Gill
- Simposium 2. Earth sciences aid to developing countries; p. 214.
Edit. J. E. Gill

Международный Геологический Конгресс XXIV сессия

Доклады советских геологов

Проблема № 1

Геология докембрия. «Наука», Ленинград, 1972. 125 стр. Редакторы: К. О. Кратц, В. В. Тихомиров.

Н. М. Чумаков. Позднедокембрийское оледенение Европы и некоторые связанные с ним проблемы. Е. П. Акульшина, А. В. Ивановская, Ю. П. Казанский. Осадконакопление в позднем докембрии. М. Е. Раабен. Верхний рифей как биостратиграфическая

единица. Д. П. Сердюченко. Соленосные осадочные породы в докембрийских толщах Земли и их скаполитосодержащие метаморфические производные. К. О. Кратц, В. А. Глебовицкий. Метаморфические пояса СССР. В. И. Кицул. О температурных и глубинных субфациях гранулитовой фации (на примере Алданского щита). Ю. А. Косыгин, А. К. Башарин, Н. А. Березин, Ч. Б. Борукаев, А. Л. Матвеевская, Л. М. Парфенов, Б. М. Чиков. Основные черты тектоники докембрия континентов. Е. М. Лазько. В. П. Кирилук, А. М. Лысак, А. А. Сиворонов, Г. М. Яценко. Формационные особенности и возрастное расчленение высокометаморфизованного нижнего докембрия. Н. П. Семененко, Н. П. Щербак, Е. Н. Бартницкий. Геохронология, стратиграфия и тектоническая структура докембрия Украины. Л. И. Салоп. Единая стратиграфическая шкала докембрия. М. А. Семихатов. К построению общей стратиграфической шкалы докембрия. К. О. Кратц, В. А. Масленников, Н. Н. Бархатова. Русская шкала геохронологических исследований докембрия. В. В. Тихомиров. Развитие представлений о физико-географической обстановке докембрия. (Идеи И. Вальтера, А. П. Павлова, Л. С. Берга). И. В. Батюшкова. Развитие идей о докембрийской истории континентов и океанов.

Проблема № 2.

Петрология. «Наука», Москва, 1972. 162 стр. Редактор Г. Д. Афанасьев.

Г. Д. Афанасьев, Б. П. Беликов, А. М. Борсук, В. И. Гоньшакова, А. К. Симон. Вклад геологической петрологии в решение общегеологических проблем. Н. В. Соболев. Петрология ксенолитов в кимберлитовых трубках и критерии их глубинности. С. С. Зимин. Ультраосновные породы и верхняя мантия Тихоокеанского пояса. В. В. Плошко, Ю. А. Богданов. Габбро-перидотитовая формация глубоководной впадины Романш (Экваториальная Атлантика). И. Х. Хамрабаев. Пикритовые тела Южного Тянь-Шаня как продукты вещества мантии. Н. А. Беляевский, Б. П. Золотарев, С. Ф. Соболев. Ультраосновные ксенолиты и магматическая дифференциация верхней мантии. В. Н. Мошкин, И. Н. Дагелайская. Докембрийские анортозиты СССР. О. А. Богатиков, А. П. Биркис. Габбро-норит-анортозитовые комплексы западного обрамления Восточно-Европейской платформы. Г. М. Заридзе. Геолого-структурные типы гранитоидов. И. С. Усенко, Л. Г. Бернадская, И. Л. Личак, В. И. Орса, И. Д. Царовский, Н. П. Щербак, И. Б. Щербаков. Особенности магматизма Украинского щита. М. А. Кашкай. Магматизм и рудообразование в поперечных структурах альпийской системы дислокаций. Р. Б. Баратов. Особенности петрологии Гиссаро-Алая и Памира. Г. П. Багдасарян. Изучение магматических формаций фанерозоя на примере Армянского нагорья. В. П. Петров, Е. Д. Белянкина. Признаки глубинности интрузивных горных пород. Н. Л. Добрецов. Глаукофановый метаморфизм. М. А. Мишкин, И. А. Тарарин. Метаморфические формации востока Азии. И. Т. Бакуменко. Петрологические аспекты изучения включений расплавов в минералах. П. П. Смолин. Эволюция и минеральные фации глубинности контактно-метаматезиальных пород Хингоя, Хабаровский край. Т. Н. Иванов, В. А. Унксов. Формация гранитоидов в различных типах структурно-формационных зон подвижных поясов СССР (закономерности геоисторического и пространственного размещения).

Проблема № 3.

Тектоника. «Наука», Москва, 1972. 140 стр. Редактор А. В. Пейве.

М. В. Муратов. Главнейшие структурные элементы материков, их взаимоотношения и возраст. Б. Н. Красильников, Е. Н. Алтухов, К. Л. Волочкович, А. Д. Смирнов. Природа догеосинклинального фундамента и ее значение для геосинклинального процесса (на примере Урало-Монгольского пояса). А. В. Пейве, А. С. Перфильев, С. В. Руженцев. Проблема внутриконтинентальных геосинклиналей. Л. П. Зоненшайн. Общность в развитии геосинклинальных областей разного типа. В. В. Белоусов. Об основных закономерностях развития континентов. Н. П. Кропоткин. Напряженное состояние земной коры по измерениям в горных выработках и по геофизическим данным. Е. Е. Милановский. Главные типы рифтовых зон континентов и некоторые закономерности их расположения и развития. Г. Д. Ажгирей. Проблемы происхождения континентальной земной коры. П. Ф. Иванкин, Э. Э. Фотиади, А. П. Шеглов. Модели тектоносферы подвижных поясов. С. В. Руженцев. Шарьяжи, их генезис, классификация и роль в формировании структуры складчатых поясов. С. А. Захаров. Постгеосинклинальное (тергальное) развитие подвижных поясов. Б. П. Бархатов. Закономерности в смене основных типов тектонического режима. Г. А. Кузнецов. Пограничные структуры платформ и подвижных поясов. Р. Г. Гарецкий, А. А. Голов, В. С. Журавлев, Н. В. Неволин, В. И. Самодуров, К. Е. Фоменко, Я. С. Эвентов, А. Л. Яншин. Глубочайшая впадина древних платформ — Прикаспийская. Л. И. Красный, Д. А. Кириков, В. В. Русс. Тектонические особенности геоблоков Востока СССР. В. Е. Бураковский, В. Н. Гладкий, Б. Л. Гуревич, А. Н. Козловская, М. В. Муратов, М. Г. Распопова, М. В. Чирвинская, П. Ф. Шпак. Основные черты тектоники Украины. В. Е. Хаин. Основные тенденции в развитии земной коры (литосферы).

Проблема № 4.

Минеральные месторождения. «Наука», Москва, 1972. 180 стр. Редактор В. И. Смирнов.

В. И. Смирнов. Соотношение сингенетических и эпигенетических процессов при формировании рудных стратиформных месторождений цветных металлов. Ф. К. Шипулин. Об условиях образования рудоносных растворов в глубинных магматических очагах. Н. П. Лаверов. Условия формирования гидротермальных месторождений в континентальных вулканических поясах. Я. Н. Белевцев, Н. А. Корнилов. Генезис богатых железных руд джеспилитовой формации докембрия. В. И. Казанский. Дислокационный метаморфизм и эндогенное рудообразование в разломах кристаллического фундамента. А. И. Гинзбург, И. Н. Куприянова. Влияние вмещающих пород на особенности развития редкометалльной минерализации, связанной с гранитными пегматитами и грейзенами. Г. Н. Шерба, Т. М. Лаумулин, Н. П. Сенчило. Рудоносный блок и локализация в нем редкометалльного оруденения. В. А. Жариков, Д. К. Власова. Околорудные изменения и оруденение в скарнах Майхуры. Г. А. Твалчрелидзе, В. И. Буадзе. Геологические условия образования медно-пиритовых и колчеданно-полиметаллических месторождений Большого Кавказа. Г. Ф. Яковлев, В. И. Старостин. Тектонофизический анализ рудных полей колчеданных месторождений. А. Д. Щеглов. Флюоритовые месторождения и тектоника. И. М. Варенцов. Основные аспекты формирования железо-марганцевых руд в современных водоемах.

Проблема № 5.

Горючие ископаемые. Проблемы геологии и геохимии нафтидов. «Наука», Москва, 1972. 120 стр. Редактор Н. Б. Вассоевич.

С. П. Максимов, Т. А. Ботнева, Н. А. Еременко, Р. Г. Панкина. О цикличности процессов нефтегазообразования. Н. Б. Вассоевич, А. А. Геодекан, Л. М. Зорькин, Н. В. Лопатин, А. М. Серегин, Б. А. Соколов, Е. В. Стадник, В. В. Чернышев. Нефтегазоносные осадочные бассейны. В. Д. Наливкин. Зависимость распределения запасов нефти и газа от типов крупных и крупнейших тектонических структур. И. В. Высоцкий, В. Б. Оленин. Теоретические основы нефтегеологического районирования. Н. Ю. Успенская, В. Ф. Быков. Некоторые закономерности размещения месторождений нефти и газа рифового типа. Ф. Г. Гурари, Т. И. Гурова, А. Э. Конторович, К. И. Микуленко, В. С. Старосельцев. Главные факторы формирования и размещения залежей нефти и газа в мезозойских терригенных отложениях Западно-Сибирской провинции. Г. Э. Прозорович. К проблеме формирования многопластовых месторождений (Западная Сибирь). А. Э. Конторович, Э. Э. Фотиади, Ю. А. Воронин, С. И. Близниченко, А. Д. Луговцов, К. И. Микуленко, В. С. Старосельцев. Использование методов кибернетики для оценки перспектив нефтегазоносности. Н. С. Ерофеев, Г. П. Ованесов, Н. А. Еременко, О. М. Махоньков. Закономерности размещения и формирования залежей нефти и газа в палеозое Волго-Уральской области. Г. П. Ованесов, И. Х. Абрикосов, Р. О. Хачатрян. Рифы Камско-Кинельской системы прогибов и их роль в аккумуляции нефти. В. В. Колодий. Некоторые гидрогеологические процессы, сопутствующие миграции углеводородов. А. С. Зингер, А. П. Колесник, Д. С. Коробов, Н. В. Кулаков, К. А. Машкович. Комплексный гидрогеохимический метод поисков месторождений нефти и газа. А. П. Колесник, К. А. Машкович, В. Д. Коган. Изучение строения пермской галогенной формации в связи с поисками газа и нефти на юге Русской платформы. Г. Н. Доленко. Закономерности нефтегазоаккумуляции на территории Украинской ССР.

Проблемы № 6 и № 12.

Стратиграфия, седиментология и геология четвертичного периода. «Наука», Москва, 1972. 116 стр. Редакторы: В. В. Меннер, В. И. Громов.

В. А. Гроссгейм. Палеогеография флишевых бассейнов. М. Г. Леонов. Верхнеэоценовый дикий флиш Альпийского пояса. Н. В. Логвиненко. Ритмичность флиша и ее происхождение. Е. М. Смехов, Л. П. Гмид. Карбонатные коллекторы нефти и газа. В. Я. Евзеров, Б. И. Кошечкин, С. А. Стрелков. Хронология морского плейстоцена и голоцена северо-востока Балтийского щита. Е. П. Заррина. Стратиграфия и хронология позднего плейстоцена северо-запада Европейской части СССР. Ф. А. Каплянская, В. Д. Тарноградский. Плейстоценовые криогенные явления и история вечной мерзлоты в Западной Сибири. Н. В. Кинд. Позднечетвертичные изменения климата и оледенения на территории Старого и Нового Света (радиоуглеродная хронология). А. В. Раукас, Л. Р. Серебрянный. О геохронологии позднего плейстоцена Русской платформы в связи с эволюцией материкового оледенения. П. В. Федоров. Роль планетарных трансгрессий в истории внутренних морей (на примере плейстоцена Черного моря). Н. С. Чеботарева. Стратиграфия и геохронология валдайских отложений северо-запада Русской равнины. А. Л. Цагарели. Конэрозивные разломы и четвертичная история Кавказа.

Проблема № 7.

Палеонтология. «Наука», Москва, 1972. 132 стр. Редактор Б. С. Соколов.

И. Т. Журавлева, Е. И. Мякova. Archaeata — новая группа организмов палеозоя. Д. Л. Кальо. Фациальный контроль распространения фауны в силурийском бассейне Прибалтики. О. С. Вялов. Классификация ископаемых следов жизни. Г. Г. Мартинсон. Палеоэкология мезозойских моллюсков континентальных водоемов Азии. В. А. Вахромеев. Развитие мезозойских флор мира и геохронологическая шкала. Р. М. Мянниль. Зональное распределение хитинозоа в ордовике Прибалтики. М. Н. Чугаева. Обзор ордовикских трилобитов Северо-Востока СССР. А. К. Рыбусокс. Стратиграфические разрывы в ордовике Северной Эстонии и связанные с ними изменения состава фауны. А. Ю. Розанов. Развитие археоциат и границы подразделений нижнего кембрия. В. Е. Савицкий. Палеогеографический и палеобиогеографический аспекты ярусного деления кембрия Сибирской платформы. А. Н. Олейников. О мерах сходства в палеоботанике. В. Д. Наливкин, В. М. Познер, Н. Н. Форш. Палеогеографическое районирование территории СССР в позднем палеозое и вопросы дрейфа континентов. В. А. Басов, В. А. Вахромеев, Г. Я. Крымгольц, М. С. Месежников, В. Н. Сакс, Н. И. Шульгина. Проблема перемещения материков в юрском и меловом периодах по палеобиогеографическим данным. Б. С. Соколов. Вендский этап в истории Земли.

Проблема № 8.

Геология и геофизика моря. Геофизические исследования земной коры. «Наука», Москва, 1972. 143 стр. Редакторы: П. Л. Безруков, В. В. Федынский.

Ю. М. Пушаровский. Тектоника континентальных окраин Тихого океана. Л. И. Красный, К. М. Худoley, В. К. Елисеева, В. А. Крашенинников, Х. С. Розман, М. А. Ахметьев, Г. М. Власов, А. П. Глушков, Л. В. Криштофович, О. Г. Окунева, В. И. Устрицкий, Г. Е. Черняк, А. Ф. Шехоркина. Биостратиграфия и палеогеография Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана. П. Л. Безруков, И. О. Мурдмаа. Океанский седиментогенез (по новой карте осадков Тихого океана). И. О. Мурдмаа, Г. Б. Рудник, Н. С. Скорнякова. Вулканогенно-обломочные породы ложа Тихого океана. И. К. Тузов. Строение и геофизические поля земной коры в области восточно-азиатских окраинных морей и островных дуг. Г. С. Гинбиденко, П. М. Сычев. Строение и эволюция земной коры Берингова, Охотского и Японского морей. М. Ф. Скорникова. Влияние тектонических напряжений на упругие свойства горных пород в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. В. Н. Аверьянова. Напряженное состояние в фокальных зонах островных дуг на северо-западе Тихого океана. И. А. Гаркаленко, В. П. Гончаров, Я. П. Маловицкий, А. П. Милашин, Ю. П. Непрочнов, С. А. Ушаков, В. В. Федынский, К. Е. Фоменко, Б. А. Хрычев. Земная кора внутренних морей и континентальных впадин области Западного Тетиса. Г. Б. Рудник, Т. И. Фролова, В. И. Чернышева. Вулканизм срединноокеанских хребтов и древних геосинклиналей (на ранних этапах их развития). А. П. Лисицын. Карта скоростей накопления осадков Индийского океана. З. А. Крутиховская, И. К. Пашкевич, Т. Н. Симоненко. Магнитное поле древних щитов и некоторые вопросы его геологической интерпретации. А. П. Тарков, С. С. Чамо. Глубинное строение литосферы в районе Воронежского кристаллического массива. Л. В. Дмитриев, В. П. Мясников, О. Г. Сорохтин, Г. Б. Удинцев, С. А. Ушаков. Механизм развития Земли и тектоническая активность в области океанов.

Проблема № 10.

Геохимия. «Наука», Москва, 1972. 174 стр. Редакторы: А. П. Виноградов, А. И. Тугаринов.

В. В. Щербина. Окислительно-восстановительные процессы в магмах. Г. Р. Колонин, Г. П. Широнова. Кислотность, концентрация серы и окислительный потенциал растворов при равновесии ферберита с пиритом и повеллита с молибденитом. А. А. Павлов. Роль окислительных реакций и кислотно-щелочной режим при формировании солевого состава постмагматических растворов и рудообразования. Ф. В. Чухров. Некоторые данные об изотопах серы в природных водах, осадках и рудах. Н. А. Еременко, Р. Г. Панкина. Об эволюции солевого состава океана на основании S^{32}/S^{34} сульфатной серы. А. И. Тугаринов. Об эволюции рудообразования в истории Земли. В. Г. Моисеенко, И. И. Фатьянов. Геохимия золота. Н. Т. Воскресенская. Геохимия таллия в осадочном процессе. А. М. Лурье. Связь месторождений мансфельского типа с подстилающими красноцветными отложениями. А. А. Кадик. Физико-химические условия отделения воды от магм при их движении к поверхности Земли. Л. Н. Когарко. Режим соединений кислорода, серы и углерода в магматической газовой фазе щелочных пород. И. Д. Рябчиков. Закономерности распределения микрокомпонентов между фазами природных систем. А. С. Поваренных. Роль кристаллохимических факторов в распределении редких элементов в минералах. С. Б. Брандт. Геохимия радиоактивных газов, аномалии геохронометрии и процессы метаморфизма. М. Г. Валяшко. Геохимия вод континентов. С. Л. Шварцев. Геохимические методы поисков рудных месторождений в

районах с развитием многолетнемерзлых пород. С. Т. Зелизна. Геохимия месторождений серы Украины в связи с геохимией органического вещества. Н. П. Ермаков. Гео-космохимическая классификация включений в минералах.

Секции № 11 и 13.

Симпозиум № 1. Гидрогеология и инженерная геология. «Наука», Москва, 1972. 167 стр. Редактор Е. М. Сергеев.

Б. И. Куделин, О. В. Попов. Влияние климата на закономерности формирования подземного стока. Ф. А. Макаренко, В. А. Ильин, В. И. Кононов, Б. Г. Поляк. Физическая модель подземной гидросферы. Н. В. Роговская. Региональные гидрогеологические закономерности территории СССР. И. К. Зайцев, Е. А. Басков. Зональность гидрогеохимических процессов в гидрогеологических структурах разного типа. Л. Е. Крамаренко. Гидробиохимическая зональность как индикатор окислительно-восстановительных процессов в подземной гидросфере. Г. В. Богомолов, А. А. Карцев, Г. Г. Якобсон, Ю. Г. Богомолов. Принципы палеогидрогеологических реконструкций формирования подземных вод. П. Ф. Швецов. Происхождение сквозных водоносных таликов. В. А. Кудрявцев, Н. Н. Романовский, А. Б. Чижов. Взаимодействие подземных вод с многолетнемерзлыми породами. К. Е. Питьева, В. М. Семенова, С. А. Ковалевская, М. С. Орлов. Взаимодействие подземных вод с породами при высоких давлениях и температурах. В. С. Ковалевский. Прогнозы режима подземных вод. Е. М. Сергеев, З. А. Кривошеева, В. И. Осипов. Использование данных, полученных при инженерно-геологическом изучении глинистых пород, для решения общегеологических вопросов. Г. К. Бондарик. Закономерности пространственной изменчивости свойств пород и их использование в инженерной геологии. Г. А. Голодковская, В. И. Осипов, А. И. Савич, В. К. Хмелевский, Л. В. Шаумян. Изучение инженерно-геологических свойств горных пород геофизическими методами. Ф. В. Котлов. Закономерности изменения природной геологической среды на территориях городов. П. Н. Панюков, М. П. Панюкова. Структура горных пород и ее количественное выражение. Н. Г. Варазашвили, Г. С. Золотарев, Е. Е. Минервина, И. А. Печеркин. Закономерности и прогноз переработки берегов водохранилищ в районах сложного геологического строения. В. П. Солоненко. Сейсмогенное разрушение горных склонов. Ю. Б. Тржцинский, О. Л. Рыбак. Экзогенные склоновые процессы на Сибирской платформе и в Байкальской рифтовой зоне.

Проблема № 14.

Минералогия. «Наука», Москва, 1972. 84 стр. Редактор Д. С. Коржинский.

О. А. Воробьева, Р. М. Яшина, Е. В. Свешникова, В. А. Кононова, Е. Д. Андреева. Условия формирования щелочных пород (на материалах СССР). В. И. Герасимовский, А. И. Поляков. Щелочные породы рифтовых зон Восточной Африки (геохимия и генезис). Ю. Л. Капустин. Петрология дайковой серии массивов ультраосновных щелочных пород и карбонатитов. К. Н. Никишов, В. В. Ковальский, В. К. Маршинцев. Щелочно-ультраосновные породы (альнейты, кимберлитовые и карбонатитовые) северо-востока Сибирской платформы. Е. И. Семенов, Е. М. Еськова, А. Ф. Ефимов, Ю. Л. Капустин, А. П. Хомяков. Минералогия щелочных массивов. Р. А. Некрасова, И. Я. Некрасов. Фазовые равновесия и кинетика реакций в системе $La_2O_3-SiO_2-B_2O_3-H_2O$. А. А. Годовиков, Н. А. Ильяшева, С. Н. Ненашева, Ж. Н. Федорова. Синтетические сульфосили и их геологическое значение.

СОДЕРЖАНИЕ

Основные итоги XXIV сессии Международного геологического конгресса (В. И. Смирнов)	5
Минерально-сырьевые ресурсы Канады (Г. А. Мирлин)	15
Проблемы геологии нефти и газа (Н. А. Еременко, И. П. Жабров, С. П. Максимов, Л. И. Ровнин)	33
Рудные месторождения (В. И. Смирнов)	49
Геофизические исследования при поисках рудных месторождений и изучении тектоники Канадского щита (З. А. Крутиховская, С. М. Подолянко)	62
Металлогения южной части Канадских Кордильер (Е. А. Радкевич)	76
Медно-молибденовая формация Канады (В. В. Щербина)	84
Геология марганца (И. М. Варенцов)	91
Проблемы геологии дна океанов (П. Л. Безруков)	101
Задачи и пути дальнейшего развития инженерной геологии в свете итогов Международного геологического конгресса (Е. М. Сергеев, В. И. Осипов)	111
Проблемы гидрогеологии (Г. В. Босомолов)	118
Палеонтология (В. А. Вахрамеев)	121
О строматолитах (М. Е. Раабен)	130
О деятельности Международной комиссии по стратиграфии (В. В. Меннер)	135
Две основные тенденции разработки стратиграфической классификации (А. И. Жамойда, В. В. Меннер)	144
Меловые отложения предгорий Скалистых гор Канады (Альберта) и их сравнительная палеофлористическая характеристика (В. А. Вахрамеев)	152
Хронология позднекайнозойского ледникового периода (С. А. Евтеев)	164
Перспективы и пути создания Международной тектонической карты мира (В. Е. Хаин)	171
К вопросу о догеосинклинальном (нуклеарном) этапе развития земной коры в архее (Г. Д. Ажгирей)	182
О зеленокаменных и гнейсовых поясах юго-западной окраины Канадского щита (Е. М. Лазько)	188
Урал и Аппалачи — сравнительная характеристика (А. В. Пейве)	202
Канадское звено Тихоокеанского подвижного пояса (Л. И. Красный)	212
Могут ли Канадские Кордильеры служить моделью «тектоники плит»? (Д. П. Резвой)	230
Геохимия (М. Г. Валяшко, А. А. Ярошевский)	246
Минералогия (Ф. В. Чухров)	254
Состояние и пути развития современной литологии (Г. Ф. Крашенинников)	265
Петрология (Д. С. Коржинский, В. А. Жариков)	275
Щелочные породы Канады (В. И. Герасимовский)	289
Классификация интрузивных пород, принятая Международной субкомиссией по систематике и номенклатуре изверженных пород (А. М. Доминова)	297
История геологических знаний (В. В. Тихомиров)	300
Список трудов XXIV сессии Международного геологического конгресса	305

CONTENTS

The main results of the International Geological Congress, Twenty-Fourth Session, Canada, 1972 (<i>V. I. Smirnov</i>)	5
Mineral resources of Canada (<i>G. A. Mirlin</i>)	15
The Problems of Oil and Gas Geology (<i>N. A. Eremenko, I. P. Zhabrev, S. P. Maximov, L. I. Ravnin</i>)	33
Ore deposits (<i>V. I. Smirnov</i>)	49
Geophysical explorations for the Ore Deposits prospecting and investigations of the Canadian Shield (<i>Z. A. Krutikhvostikova, S. M. Podoljanko</i>)	62
Metallogeny of the Southern part of Canadian Cordillera (<i>E. A. Radkevich</i>)	76
Cooper-Molybdenium formation of Canada (<i>W. V. Shcherbina</i>)	84
Geology of Manganese (<i>I. M. Varentsov</i>)	91
Problems of Geology of Oceanic bottom (<i>P. L. Bezrukov</i>)	101
The Problems and ways of further development of Engineering Geology after International Geological Congress, XXIV Session (<i>E. M. Sergeev, V. I. Osipov</i>)	111
Problems of Hydrogeology (<i>G. V. Bogomolov</i>)	118
Paleontology (<i>V. A. Vachrameev</i>)	121
On Stromatolita (<i>M. E. Raaben</i>)	130
On activity of the International Commission on Stratigraphy (<i>V. V. Menner</i>)	135
Two Main tendencies of development of Stratigraphical Classification (<i>A. I. Zhaimoida, V. V. Menner</i>)	144
The Cretaceous of the Foothills of the Canadian Rocky Mountains (Alberta), and their comparative Paleofloristic Characteristics (<i>V. A. Vachrameev</i>)	152
The Chronology of the late Cenozoic Glacial Period (<i>C. A. Evteev</i>)	164
The Prospect and the ways of the International World Tectonic Map Creation (<i>V. E. Khain</i>)	171
On the Pregeosynclinal (Nucleolar) stage in Earth Crust development in the Archean (<i>G. D. Azhgirei</i>)	182
On the Greenstone and Gneiss Belts of the South-Western Marginal Part of the Canadian Shield (<i>E. M. Lazko</i>)	188
The Urals and the Appalachians—the comparative characteristics (<i>A. V. Peive</i>)	202
The Canadian link of the Pacific Mobile belt (<i>L. I. Krasniy</i>)	212
May the Canadian Cordillera be the model of «Plate Tectonics»? (<i>D. P. Rezvoy</i>)	230
Geochemistry (<i>M. G. Valyashko, A. A. Jaroshevsky</i>)	246
Mineralogy (<i>F. V. Chukhrov</i>)	254
The State and the ways of development of the Present-day Lithology (<i>G. F. Krasheninnikov</i>)	265
Petrology (<i>D. S. Korzhinsky, V. A. Zharikov</i>)	275
The Alkaline rocks of Canada (<i>V. I. Gerasimovsky</i>)	289
Classification of intrusive rocks, accepted by International Subcommittee on Systematic and Nomenclature of Igneous Rocks (<i>A. M. Dominova</i>)	297
History of Geological Sciences (<i>V. V. Tichomiřov</i>)	300
List of Publications of International Geological Congress, XXIV Session, Montreal, Canada, 1972	305

**Проблемы геологии
и полезных ископаемых
на XXIV сессии
Международного геологического конгресса**

*Утверждено к печати
Секцией наук о Земле
Академии наук СССР
и Национальным комитетом
геологов СССР*

Редактор *Е. М. Камшилина*
Редактор издательства *В. С. Ванин*
Художественный редактор *С. А. Литвак*
Художник *В. Г. Виноградов*
Технические редакторы *В. Д. Прилепская, В. В. Волксова*

Сдано в набор 13/VIII 1973 г. Подписано к печати 13/II 1974 г.
Формат 70×108¹/₁₆. Усл. печ. л. 27,82. Уч.-изд. л. 27,4.
Тираж 1400 экз. Т-01734. Бумага № 2. Тип. зак. 5587.

Цена 2 р. 17 к.

Издательство «Наука», 103717 ГСП, Москва, К-62,
Подсосенский пер., д. 21

2-я типография издательства «Наука», 121099 Москва, Г-99,
Шубинский пер., 10

926



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»